

Til Landbrugsstyrelsen

Levering på bestillingen "Beregning af standardmiljøeffekt for udvalgte teknologier inden for sektorerne kvæg og gartneri"

Landbrugsstyrelsen har i en bestilling sendt d. 16. april 2018 bedt DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug – om at beregne standard miljøeffekter for teknologier inden for sektorerne kvæg og gartneri (Landbrugsstyrelsens miljøteknologiliste 2019). Det ønskes beskrevet, hvad der ligger til grund for beregningerne, referenceniveauet og hvad teknologierne som minimum skal leve op til for at kunne levere den miljøeffekt, som er beregnet for teknologien. Herudover ønskes en detaljeret beskrivelse af hvilke elementer de enkelte teknologier består af.

Nærværende besvarelse er sidste del af proces beskrevet nedenfor, og er den endelige faglige rapport hørende til miljøteknologiordningen 2019, for sektorerne kvæg og gartneri

Besvarelsen er udarbejdet af seniorrådgiver Peter Kai fra Institut for Ingeniørvidenskab, seniorforsker Jørn Nygaard Sørensen, professor Carl-Otto Ottosen, seniorforsker Marianne G. Bertelsen og seniorforsker Karen Koefoed Petersen fra Institut for Fødevarer, lektor Bo Melander og seniorforsker Peter Kryger Jensen fra Institut for Agroøkologi samt seniorrådgiver Christian Friis Børsting fra Institut for Husdyrvidenskab ved Aarhus Universitet. Fagfællebedømmelsen er foretaget af seniorrådgiver Tavs Nyord fra Institut for Ingeniørvidenskab, seniorforsker Lars H. Jacobsen fra Institut for Fødevarer og seniorforsker Peter Lund fra Institut for Husdyrvidenskab.

Udarbejdelsen af miljøteknologilisten og den faglige redegørelse følger nedenstående procesbeskrivelse, jf. arbejdsprogram og bestilling:

1. AU screener LBSTs udkast til miljøteknologiliste.
[Leveret 23.03.2018](#)
2. AU udarbejder udkast til teknologiliste, med standardmiljøeffekter og beskrivelse af minimumskrav og AU udarbejder faglig redegørelse (rapport) med beskrivelse af baggrund for beregninger og beskrivelse af teknologier
[Leveret 22.06.2018](#)





3. LBST sender teknologiliste i høring (dec18/jan19) og, og udvælger den endelige liste. LBST giver tilbagemelding til AU
AU modtager høringsvar 13.02.2018. AU modtager kommentarer til den faglige rapport 03.07.2019. Der har desuden i den forudgående periode været afklarende faglige/tekniske spørgsmål til miljøteknologierne.
4. AU udarbejder den endelige faglig redegørelse (rapport) med beskrivelse af baggrund for beregninger og detaljeret beskrivelse af teknologier. Der redegøres i fremsendelse af leveringen for hvilke redigeringer der er foretaget i rapport på baggrund af høringsvarene.
Som følge af kommentarerne har AU foretaget sproglige præciseringer af teksten. Kun i et tilfælde, er der blevet tilføjet en teknologi efter listen har været i høring, hvilket er sket i dialog med LBST. Det drejer sig om teknologi, nr. 1.7 Løsning C, hvor det vurderes at miljøeffekten for Løsning C, ikke er væsens forskellig fra Løsning A og B. Løsning C er dog ikke beskrevet i rapporten. Der har ikke været foretaget ændringer i effektvurderingerne som følge af høringen, men udelukkende sproglige rettelser og forbedringer.
Der er teknologier som er nævnt i AU's Miljøteknologiliste inden den blev sendt i høring, men som ikke fremgår af LBST's Miljøteknologiliste. Dette skyldes at LBST har valgt at fjerne dem, oftest af administrative grunde. I rapporten er udelukkende beskrevet de teknologier der også er på miljøteknologilisten.

Nærværende levering er pkt. 4 i procesbeskrivelsen.

Besvarelsen er udarbejdet som led i "Rammeaftale om forskningsbaseret myndighedsbetjening mellem Miljø- og Fødevarerministeriet og Aarhus Universitet" under ID 4.06 i "Ydelsesaftale Planteproduktion 2019-2022".

Venlig hilsen

Lene Hegelund
Specialkonsulent, DCA-centerenheden

Faglig redegørelse vedrørende teknologiliste 2019 til brug i forbindelse med ordningen om tilskud til investeringer i nye miljøteknologier

Udarbejdet af:

Peter Kai¹, Jørn Nygaard Sørensen², Bo Melander³, Carl-Otto Ottosen², Christian Friis Børsting⁴, Marianne G. Bertelsen², Karen Koefoed Petersen², Peter Kryger Jensen³

¹ Aarhus Universitet, Institut for Ingeniørvidenskab

² Aarhus Universitet, Institut for Fødevarer

³ Aarhus Universitet, Institut for Agroøkologi

⁴ Aarhus Universitet, Institut for Husdyrvidenskab

Faglig kvalitetssikring er udført af Peter Lund, Institut for Husdyrvidenskab, Lars H. Jacobsen, Institut for Fødevarer og Tavs Nyord, Institut for Ingeniørvidenskab, Aarhus Universitet.

Indholdsfortegnelse

Forord.....	4
Kvæg.....	6
Grundlag for beregning af miljøeffektivitet.....	6
Samspil mellem teknologier.....	6
Indsatsområde 1: Malkekvæg, reduktion af ammoniakemission.....	8
1.1 Gylleforsuring i malkekvægstalde.....	8
Specifikt udstyr til fasefodring med fuldfoder.....	10
1.2 Fasefodring baseret på mælkemåling.....	10
1.3 Fasefodring baseret på mælkens sammensætning.....	11
1.4 Fasefodring med kraftfoder.....	11
1.5 Teltoverdækning til gylletanke.....	12
1.6 Overvågning af drøvtygning, brunst og sygdom.....	13
1.7 Udstyr til automatisk fodring med fuldfoder.....	14
1.8 Brovægt til optimering af markdrift, lagerstyring og foderstyring.....	15
Indsatsområde 2: Slagtekalve, reduktion af ammoniakemission.....	16
2.1 Gylleforsuring i slagtekalvestalde.....	16
2.2 Fasefodring med kraftfoder.....	16
2.3 Overvågning af drøvtygning og sygdom.....	17
2.4 Udstyr til automatisk fodring med fuldfoder.....	18
Indsatsområde 3: Kvæg, reduktion af energiforbruget.....	19
LED-belysning i kvægstalde.....	19
3.1 LED-belysning i malkekvægsstald.....	20
3.2 LED belysning i slagtekalvestald.....	20
3.3 Frekvenstyret vakuumpumpe i malkeanlæg.....	21
3.4 Brøndvandskøling af mælk.....	22
3.5 Frekvenstyret mælkepumpe og mælkeudskiller med bufferkapacitet.....	23
Varmegenvinding fra mælkekøling.....	24
3.6 Varmegenvinding fra mælkekøling (anlæg uden for-køling med brøndvand).....	25
3.7 Varmegenvinding fra mælkekøling (anlæg med for-køling med brøndvand).....	26
Gartneri.....	27

Indsatsområde 4: Reduktion af energiforbrug	27
4.1 Højisolerende dækkemateriale til isolering af væksthuses nordvendte vægge	27
4.2 Højisolerende dækkematerialer til isolering af ældre væksthuse.....	28
4.3 Gardinanlæg til isolering af væksthuse - enkeltlags.....	31
4.4 Gardinanlæg til isolering af væksthuse - tolags	35
4.5 Klimacomputer med relevant software og sensorer til dynamisk klimastyring i væksthuse.....	35
4.6 LED-belysning til væksthuse	36
4.7 Hybridinstallation med højtryksnatriumlamper og LED-lamper til væksthuse	37
4.8 Energi-effektiv varmepumpe til opvarmning i væksthuse	38
Indsatsområde 5: Reduktion af næringsstofforbrug	39
5.1 Gødningsblander og gødningscomputer til styring af gødning i produktion af tomat og agurk i væksthus (glashus, plasthus eller tunnel)	39
5.2 Gødningsblander og gødningscomputer til styring af gødning i produktion af grønsager, krydderurter, bær og potteplanter i væksthus (glashus, plasthus eller tunnel)	40
5.3 Gødningsblander og gødningscomputer til styring af gødning i produktion af udplantningsplanter og planteskolekulturer i væksthus (glashus, plasthus eller tunnel) eller på containerplads.....	40
5.4 Recirkulering af gøde vand i produktion af tomat og agurk i væksthus (glashus, plasthus eller tunnel) ..	40
5.5 Recirkulering af gøde vand i produktion af grønsager, krydderurter, bær og potteplanter i væksthus (glashus, plasthus eller tunnel)	42
5.6 Recirkulering af gøde vand i produktion af udplantningsplanter og planteskolekulturer i væksthus (glashus, plasthus eller tunnel) eller på containerplads	42
Indsatsområde 6: Reduktion af pesticidforbrug	43
6.1 Lugerobot til rækkeafgrøder af grønsager	43
6.2 Autostyring af mekanisk ukrudtsbekæmpelse i grønsager	44
6.3 Autostyring af mekanisk ukrudtsbekæmpelse i planteskoler	45
6.4 Mekanisk ukrudtsbekæmpelse i flerårige vedagtige rækkeafgrøder (frugt, bær, planteskoleplanter)....	46
6.5 Tunnel eller plasthus til dyrkning af bær	46
6.6 Tunnel eller plasthus til dyrkning af grønsager	48
6.7 Regntag over frugt og bær til forebyggelse af svampesygdomme	48
6.8 Høstmaskine til skånsom høst af bær	49
Referencer	51

Forord

Nærværende rapport er udarbejdet af forskere ved Aarhus Universitet, DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug (AU/DCA) på bestilling fra Landbrugsstyrelsen (LBST). Rapporten er udarbejdet som led i "Aftale mellem Aarhus Universitet og Fødevareministeriet om udførelse af forskningsbaseret myndighedsbetjening m.v. ved Aarhus Universitet, DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, 2018-2021".

Rapporten giver en teknologibeskrivelse af forskellige miljøteknologier, som LBST har ønsket at Aarhus Universitet udregner standard miljøeffekt for. Rapporten anvendes af LBST i forbindelse med prioritering af ansøgninger i anledning af Miljø- og Fødevareministeriets miljøteknologiordning 2019 omfattende tilskud til investeringer i miljøteknologier i den primære jordbrugsproduktion.

I starten af 2018 modtog Aarhus Universitet udkast til en liste, der omfatter miljøteknologier i kvæg og gartneriproduktionen fra LBST. Udkastet til listen var udarbejdet af LBST med input fra erhvervet, brancheorganisationer m.fl. Aarhus Universitet foretog derefter en screening af denne liste med henblik på at sikre, at de teknologier der er nævnt på listen, dels har en minimums-miljøeffekt og dels at der enten kan fremdrages solid dokumentation for dette, eller at der kan udføres kvalificerede skøn over miljøeffekten – screeningen blev sendt som svar til LBST 23.03.2018. Dernæst udarbejdede Aarhus Universitet en liste med miljøteknologier der levede op til ovenstående krav – svar til LBST leveret 22.06.2018. Denne liste har dernæst været i offentlig høring og LBST har på den baggrund samlet en række kommentarer og fremsendt disse til Aarhus Universitet, som har forholdt sig til kommentarerne i forbindelse med udarbejdelsen af denne endelige rapport og tilhørende teknologiliste.

Miljøteknologiordningen, 2019 er målrettet tilskud til investeringer i ny teknologi inden for følgende seks indsatsområder: 1) Malkekvæg, reduktion af ammoniakemission 2) Slagtekalve, reduktion af ammoniakemission, 3) Kvæg, reduktion af energiforbruget 4) Gartneri, reduktion af energiforbruget 5) Gartneri, reduktion af næringsstofforbruget 6) Gartneri konventionel, reduktion af pesticidforbruget.

I opdraget fra LBST er det beskrevet, at for at en teknologi kan komme i betragtning til medtagning i nærværende rapport, skal der være tale om en teknologi med en miljøforbedring til følge. Teknologierne skal være markedsførte, og der skal foreligge en tilstrækkelig dokumentation for miljøeffekten. Hvor der nævnes konkrete produktnavne, er det for at kunne beskrive teknologien mere præcist; det er ikke en anprisning af det pågældende produkt. Desuden må det ikke være et lovkrav at benytte teknologierne. Reduktionssatsen varierer mellem hvert indsatsområde. I indsatsområde 1 "Malkekvæg, reduktion af ammoniakemission" og indsatsområde 2 "slagtekalve, reduktion af ammoniakemission" er kun teknologier med en ammoniakreducerende effekt på mindst 10 % medtaget og for indsatsområde 3) "Kvæg,

reduktion af energiforbruget” en energibesparende effekt på mindst 25 % medtaget, set i forhold til ”standardteknologi”. For både energibesparelse, næringsstofbesparelse og pesticidbesparende teknologier for ”Gartneri” er minimumseffekten sat til 10 %.

AU Foulum, september 2019

Kvæg

Som grundlag for at prioritere ansøgninger i regi af *"Bekendtgørelse om tilskud til investeringer i udvalgte miljøteknologier til kvægsektoren og gartnerisektoren i den primære jordbrugsproduktion"*, foretages der vurdering af de enkelte miljøteknologiers miljøeffektivitet i forhold til ammoniakreduktion og energibesparelse.

Grundlag for beregning af miljøeffektivitet

Ammoniakemission fra stald og lager

Beregningerne af standardmiljøeffekt for teknologier, der knytter sig til kvægstalde, er i nærværende rapport foretaget på grundlag af kvælstofudskillelsen fra husdyr, som beskrevet i "Normtal for husdyrgødning – 2017/18" (Poulsen et al., 2017), som er en årlig opdatering af Poulsen et al. (2001). Så vidt muligt er teknologiernes miljømæssige effekt, af hensyn til sammenligneligheden, beregnet på et ensartet grundlag og præsenteret med samme enhed. Standardmiljøeffektiviteten beregnes på grundlag af staldpladser, der defineres som arealet som et givet dyr lægger beslag på i enten stald eller gødningslager i løbet af et år. For miljøteknologier, der benyttes til flere dyregrupper, fx malkekøer og kvier, er der beregnet en vægtet standardmiljøeffekt baseret på dyregruppernes relative andel af den samlede population. Effekten på ammoniakemissionen er præsenteret som den procentvise reduktion i stald og lager i forhold til referencesituationen, som er en given stald eller gødningslager uden den beskrevne miljøteknologi.

Samspil mellem teknologier

Fodringsmæssige tiltag har grundlæggende effekter på næringsstofudnyttelse og emissioner i hele kæden, idet virkemidlerne angriber ved "kildens rod". Det betyder eksempelvis, at en nedsættelse af udskillelsen af kvælstof med gødning og urin alt andet lige også medfører en reduceret emission af ammoniak. Derfor vil udmøntning af ændret fodring (biologisk teknologi) medføre tværgående effekter, som også vil påvirke effekten af de "tekniske teknologier", der måtte kobles på efterfølgende. Grundlæggende vil de nævnte biologiske tiltag kunne begrænse behovet for efterfølgende teknologiske tiltag, ligesom effekten af evt. teknologiske tiltag vil være afhængig af næringsstofindhold og koncentration i husdyrgødningen, men det vil dog være en relativt lille reduktion i effekten af de "tekniske teknologier".

Der er ingen samspil mellem fodringstiltag og tiltag til at reducere energiforbruget.

En del af de viste fodringsteknologier kan erstatte hinanden, andre kan supplere hinanden, mens andre giver mere eller mindre uafhængige effekter.

Teknologier der kan erstatte hinanden

Fasefodring med de 4 nævnte teknologier: fasefodring baseret på mælkemåling (1.2), fasefodring baseret på måling af mælkenes sammensætning (1.3), fasefodring baseret på køernes vægtudvikling (1.10) og fasefodring med kraftfoder (1.4), kan erstatte hinanden. Det betyder samtidigt, at det KUN giver mening at investere i ét af disse tiltag.

Fasefodring med kraftfoder (1.4) og automatisk fodring med fuldfoder (1.5) giver begge mulighed for at tilpasse fodringen til køernes ydelse og stadie i laktationen, og dermed er det ikke relevant at investere i begge tiltag.

Øvrige tiltag

Bortset fra de tiltag nævnt ovenfor, som det ikke giver mening at kombinere, kan det være relevant at investere i flere fodringsteknologier. Men generelt vil effekten af yderligere tiltag være mindre end beregnet, når et tiltag står alene, da effekterne ikke kan forventes at være fuldt ud additive. Det vil derfor være relevant at sætte et loft på, hvor mange fodringstiltag, der gives tilskud til i samme stald.

Indsatsområde 1: Malkekvæg, reduktion af ammoniakemission

I det følgende afsnit gennemgås en række udvalgte teknologier, der har en reducerende effekt på ammoniakemission fra kvægstalde eller lagertanke med kvæggylle.

1.1 Gylleforsuring i malkekvægstalde

Gældende for teknologierne: 1.1 og 2.1

Kvæggylle har en typisk pH-værdi på ca. 7,0. Ved denne pH-værdi findes en væsentlig andel af gyllens ammoniakalske kvælstof, dvs. summen af ammonium (NH_4^+) og ammoniak (NH_3), som ammoniak, som er flygtig, og det bevirker, at der konstant fordamper ammoniak fra overfladen af gylle i stalden og i gylletanken. Tilsætning af syre til gyllen bevirker, at gyllens pH-værdi falder, hvorved gyllens indhold af ammoniakalsk kvælstof i stigende omfang omdannes til ammonium (NH_4^+), der ikke er flygtig. Ved tilsætning af 6-9 kg koncentreret svovlsyre (H_2SO_4) per ton kvæggylle sænkes gyllens pH-værdi til mellem pH 5,5 og 6,0, hvorved hovedparten af gyllens indhold af ammoniakalsk kvælstof findes på ikke-flygtig ammonium-form.

Anlæg til gylleforsuring i kvægstalde er integreret med staldens ringkanalsystem og består af følgende komponenter:

1. Syretank med automatisk overvågning af syrestand (på støbt fundament)
2. Manuel flyder ved 80 % fuld tank (bruges ved påfyldning)
3. 3" tankvognstuds med aflåst hane
4. Automatisk syrepotte for kondensfri syreopbevaring
5. Syreskab med syrepumpe, syreventiler og styring
6. Hovedtavle med PC-løsning
7. Pullerter for sikring af syretanken mod skader ved påkørsel
8. Nødbruser (sikkerhedsudstyr)
9. Mixerbrønd med 2 pH-sensorer med automatisk rengøring
10. Niveau-overvågning af gyllestand i ringkanal
11. Niveau-overvågning af gyllestand i lagertank
12. Styring for lagertanke (maks. 4 gylletanke).

Ved behandlingen pumpes gylle på sædvanlig vis rundt i ringkanalen i stalden ved hjælp af en røreværkspumpe placeret i en skillevæg i staldens omrøringsbrønd (Landbrugets byggeblade nr. 103.05-05, 2004). Omrørebrøndens trykside fungerer samtidig som mixerbrønd, hvor svovlsyre tilsættes under omrøring, hvorved gyllens pH-værdi sænkes til en ønsket værdi på 5,5.

Behandlingshyppigheden afhænger af gyllens pH-værdi målt før hver behandling, således at hyppigheden stiger med stigende pH-værdi ved opstart. Ved normaldrift bliver al gylle i en ringkanal behandlet mindst én gang dagligt. Alle processer styres og overvåges automatisk.

Svovlsyrebehandling af gylle i stalden reducerer ammoniakemissionen fra stalden, under lagring og udbringning af gylle på mark. Gylleforsuring i kvægstalde er opført på dispensation på Miljøstyrelsens teknologiliste med en effekt på 50 % i sengebåsestalde med spaltegulv (kanal, bagskyl eller ringkanal) (www.mst.dk). Referencen er samme staldtype uden gylleforsuring i stalden.

Effekten af gylleforsuring under lagring af gylle er ikke endeligt dokumenteret, men det vurderes at ammoniaktabet fra en beholder med forsuret gylle udgør 1 % af den tilførte kvælstofmængde (Kai *et al.*, 2008) svarende til en reduktion på 50 % sammenlignet med gyllebeholdere med naturligt flydelag.

Der regnes i det følgende med, at gylleforsuring i stalden reducerer ammoniakemissionen fra kvægstalde med ringkanalsystem med:

1. Stald: 50 % sammenlignet med samme stald uden gylleforsuring
2. Lager: 50 % sammenlignet med gyllebeholder med flydelag.

Med udgangspunkt i ovenstående kan standardmiljøeffekten af gylleforsuring i kvægstalde beregnes til 5,6 kg NH₃-N/år per staldplads til en malkeko af tung race. Som grundlag for beregningen af standardmiljøeffekten er N ab dyr værdier i Normtal for husdyrgødning 2017/18 benyttet (Poulsen, 2017). Det skal bemærkes, at køer i forbindelse med kælvning opstaldes kortvarigt i bokse med fast bund eller strøelse, hvorved den producerede gødning ikke indgår i puljen, der forsures. Perioden er dog så kortvarig, og goldkøerne udskiller samtidig mindre gødning end lakterende køer, da de tildeles mindre foder. Der er derfor set bort fra kælvkøer og -kvier i ovenstående beregning.

Tabel 1.1. viser beregning af miljøeffekten ved gylleforsuring i stalde med forskellige kategorier af kvæg. Beregningen er baseret på henholdsvis en malkekvægsbedrift med både malkekøer og kvier. Dyrene opstaldes i sengebåsestald med spaltegulv og ringkanalsystem. Det er antaget, at sengebåsene i malkekvægsbesætningen fordeler sig med 56 % til malkekøer og 44 % til kvier (dvs. 0,8 kvie per malkeko) og at malkekopopulationen i Danmark fordeler sig med 88 % malkekvæg af tung race og 12 % Jersey.

Tabel 1.1. Effekt af gylleforsuring i sengebåsestalde ved anvendelse af gylleforsuring i stalden (kg NH₃-N/år per staldplads inkl. effekt i gylletank).

	Spart NH₃- emission (kg NH₃-N/år per staldplads)	Vægtning mellem malkekøer og kvier	Vægtning mellem tung race og Jersey	Samlet vægtet miljøeffekt
Malkekøer (tung race)	5,56	0,56		
Kvier (tung race)	2,74	0,44	0,88	
Malkekøer (Jersey)	4,61	0,56		4,22
Kvier (Jersey)	2,07	0,44	0,12	

1.1. Gylleforsuring i malkekvægstalder Formål: Reduktion af ammoniakemissionen Teknologi: Gylleforsuring i malkekvægstalder		
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)
4,22 kg NH ₃ -N per år per staldplads	15	63,3 kg NH ₃ -N per år per staldplads

Specifikt udstyr til fasefodring med fuldfoder

Gældende for teknologierne: 1.2 og 1.3

Der er foreslået 2 kombinationer af udstyr til at opnå en miljøeffekt ved fasefodring med fuldfoder. Den første forudsætning er, at der købes udstyr til målinger på den enkelte ko, for at følge ydelsen eller mælkens sammensætning. Disse målinger skal anvendes til at finde det tidspunkt i laktationen, hvor den enkelte ko kan nøjes med et foder med et mindre energi- og protein- (N-) indhold. Ved at tilpasse foderets energiindhold til koens behov i forskellige dele af laktationen forventes det, at der på laktationsbasis spares ca. 5 % på forbruget af fodertørstof. Når foderets N indhold reduceres i den sidste del af laktationen forventes det, at der set over hele laktationen desuden kan spares ca. 3 % på foderets gennemsnitlige indhold af N. Disse effekter er dog ikke dokumenteret i forsøg. Baseret på de individuelle målinger kan køerne inddeles i to eller flere fodringshold, der skal fodres med hver deres fuldfoderblanding tilpasset køernes behov.

Uanset hvilken af de 2 teknologier, der anvendes til målinger på den enkelte ko skal der desuden anvendes separationslåger, envejslåger og skillelåger, så køerne kan komme tilbage til det rette fodringshold efter hver malkning.

1.2 Fasefodring baseret på mælkemåling

Se afsnit "Specifikt udstyr til fasefodring med fuldfoder"

1.2 Fasefodring baseret på mælkemåling Formål: Reduktion af ammoniakemissionen fra kvægstalder ved optimeret fodring Teknologi: mælkemåler til måling af mælkeydelse på individniveau		
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)
1,60 kg NH ₃ -N per år per staldplads	15	24 kg NH ₃ -N per staldplads

1.3 Fasefodring baseret på mælkens sammensætning

Se afsnit "Specifikt udstyr til fasefodring med fuldfoder"

1.3 Fasefodring baseret på mælkens sammensætning		
Formål: Reduktion af ammoniakemissionen fra malkekørgestalde ved optimeret fodring		
Teknologi: udstyr til måling af mælkens sammensætning på individniveau		
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)
1,60 kg NH ₃ -N per år per staldplads	15	24,0 kg NH ₃ -N per staldplads

1.4 Fasefodring med kraftfoder

Kraftfoderautomater til malkekøer muliggør tildeling af den kraftfodermængde og sammensætning, der passer til den enkelte kos behov, baseret på mælkeydelse målt ved almindelig ydelseskontrol, samt koens stadie i laktationen.

Ligesom ved brug af flere slags fuldfoder med varierende energi- og N indhold kan individuel tildeling af kraftfoder bruges til at tilpasse foderet til koens behov igennem laktationen, så der på laktationsbasis anlås en besparelse på ca. 5 % på forbruget af fodertørstof. Når foderets N indhold reduceres i den sidste del af laktationen forventes der set over hele laktationen desuden en besparelse på ca. 3 % af foderets gennemsnitlige indhold af N. Disse effekter er dog ikke dokumenteret i forsøg.

Der skal anvendes én kraftfoderautomat pr. 25 køer til opstilling ude i køernes opholdsområde. Der er behov for 1-2 siloer til opbevaring af kraftfoder med en samlet kapacitet på op til 150 kg pr. ko. Desuden skal der anvendes en fodersnegl pr. kraftfodertype til levering af kraftfoderet i alle de opsatte automater.

1.4. Fasefodring med kraftfoder		
Formål: Reduktion af ammoniakemissionen fra malkekørgestalde ved optimeret fodring		
Teknologi: Kraftfoderautomater til fodring på individniveau		
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)
1,60 kg NH ₃ -N per år per staldplads	12	19,2 kg NH ₃ -N per staldplads

1.5 Teltoverdækning til gylletanke

En teltoverdækning er en tæt overdækning bestående af kunststof, der udspændes som et telt over gyllebeholdere. Gyllebeholderen forsynes med en høj centermast af metal eller træ. Teltdugen spændes ud mellem masten og beholderens elementer.

Gylle afgiver svovlbrinte, som sammen med kondens på dugens underside og ilt fra luften danner svovlsyre, der kan angribe betonen. For at undgå at der drypper kondensvand på betonelementernes indvendige side, kan der monteres et skørt på den indvendige side af teltdugen. Skørtet beskytter betonen, idet det svovlsyreholdige kondensvand via skørtet drypper direkte ned i gyllen.

Teltoverdækning af gyllebeholdere forhindrer nedbør i gyllebeholderen, hvorved der opnås en større effektiv lagerkapacitet (mere gylle per m³ beholderkapacitet). Regnvandet kan frit ledes bort uden tilladelse eller ekstraudstyr. Der spares altså ligeledes omkostninger til udbringning af regnvandet.

Ammoniakemissionen fra gyllebeholdere med kvæggylle udleder ifølge Normtal for husdyrgødning 3,4 % af den tilførte mængde ammonium-N. Det er under danske forhold antaget, at teltoverdækning af gyllebeholdere reducerer ammoniakemissionen med 50 % sammenlignet med gyllebeholdere med naturligt flydelag svarende til 1,7 % af den tilførte mængde TAN (Hansen et al., 2008, Hansen, 2014). Teltoverdækning kan anvendes på alle beholdere, som er dimensioneret til lastpåvirkning fra teltoverdækning.

Table 1.2. Effekt af teltoverdækning af gylletanke ved lagring af gylle fra forskellige kategorier af malkekøer i sengegestalde med spaltegulv og ringkanal (værdier angivet i kg NH₃-N/år per staldplads).

	Sparet NH₃- emission (kg NH₃- N/år per staldplads)	Vægtning mellem malkekøer og kvier	Vægtning mellem tung race og Jersey	Samlet vægtet standardmiljø- effekt
Malkekøer (tung race)	1,01	0,56		
Kvier (tung race)	0,50	0,44	0,88	0,76
Malkekøer (Jersey)	0,84	0,56		
Kvier (Jersey)	0,37	0,44	0,12	

Standardmiljøeffekten er defineret som reduktionen i ammoniakemission per år fra gylle produceret i en sengebåsestald med malkekøer og kvier lagret i en gylletank med teltoverdækning og er beregnet til 0,76 kg NH₃-N/år per staldplads. For beregningsgrundlag se afsnit 1.1.

1.5 Teltoverdækning til gylletanke Formål: Reduktion af ammoniakemissionen gylletanke Anvendelse: Gylletanke, der modtager gylle fra malkekvæg Teknologi: Teltoverdækning af gylletanke		
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)
0,76 kg NH ₃ -N per år per staldplads	20	13,2 NH ₃ -N per staldplads

1.6 Overvågning af drøvtygning, brunst og sygdom

Drøvtyggermålerne består af en mikrofon i en lille boks (transponder), der monteres i en rem om koens hals. Mikrofonen registrerer de lyde, der kommer når koen tygger drøv. Transponderen med indbygget mikrofon og aktivitetsmåler på koens hals registrerer og lagrer oplysninger om drøvtygningstid og aktivitet for det enkelte dyr.

Data sendes til en antenne i stalden og derfra til en PC. På PC'en findes software, der kan beregne, hvor lang tid dyrene tygger drøv. Drøvtygningstiden er en god indikator for dyrenes sundhed, idet foderoptagelsen og drøvtygningstiden hurtigt vil blive reduceret ved begyndende sygdom. Værdien af drøvtygningsmålingerne, er derfor at dyrene kan tilses og evt. behandles før de bliver syge og får nedsat produktion. Dette betyder, at der ikke er syge dyr i stalden, der ikke giver en produktion, der svarer til den mængde foder de æder.

Drøvtyggermåleren skal være kombineret med en aktivitetsmåler. Denne måler registrerer, hvor meget dyret bevæger sig. Ved væsentlig reduktion i mængden af aktivitet kan der ligesom ved reduceret drøvtygning gives en alarm om, at dyrets sundhed måske er påvirket, hvorved også denne funktion giver mulighed for tidlig indgriben ved sygdom.

Aktivitetsmåleren finder desuden de fleste køer i brunst, fordi køernes aktivitetsniveau stiger væsentligt ved brunst. Sikker observation af køer i brunst give færre køer, der får for lange kælvningsintervaller.

Derved bliver der færre køer med en lav ydelse sidst i laktationen, og derved vil en større andel af foderet gå til mælkeproduktion og en lavere andel til at dække køernes eget vedligeholdelsesbehov.

Når færre dyr i stalden præsterer dårligt pga. subklinisk sygdom, og når færre køer har lav ydelse pga. lange kælvningsintervaller, så kan en given mælkeproduktion nås med mindre foder. Der kan forventes en besparelse i foderforbruget på i størrelsesorden ca. 5 % af tørstof. Da køernes sundhed bliver overvåget er det relevant at reducere foderets proteinindhold, da den indlagte sikkerhedsmargen mht. til foderets proteinindhold kan reduceres, fordi eventuelle problemer vil blive afsløret. Der kan regnes med ca. 2 % mindre protein i foderet af denne årsag, dvs. 2 % mindre N. Disse effekter er dog ikke dokumenteret i forsøg.

1.6 Overvågning af drøvtygning, brunst og sygdom		
Formål: Reduktion af ammoniakemissionen fra kvægstalde ved optimeret management		
Teknologi: Drøvtygger og aktivitetsmåler		
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)
1,28 kg NH ₃ -N per år per staldplads	10	12,8 kg NH ₃ -N per staldplads

1.7 Udstyr til automatisk fodring med fuldfoder

Automatisk fodring med fuldfoder kan dels give en forbedret næringsstofudnyttelse ved, at der laves hyppig udfodring, dels er der mulighed for, at der ligesom ved fasefodring kan fodres med en ration, der er tilpasset til køernes behov i forhold til ydelse og laktationsstadium. I alle besætninger med automatisk udfodring vil der være positiv effekt af hyppige udfodringer. Det gælder dels på fodertørstofforbruget, dels på protein- (N-) indholdet i foderet, da risikoen for varmt foder, hvor energien og proteinet nedbrydes minimeres. I en del besætninger er stalden indrettet, så der samtidigt kan hentes en effekt ved at fodre med rationer med forskelligt indhold af energi og protein til hold af køer, der er inddelt efter deres ydelse og laktationsstadium. Som gennemsnit for stalde med forskellig indretning anslås der en besparelse på ca. 5 % på forbruget af fodertørstof. Det antages, at der desuden kan spares ca. 2 % på foderets gennemsnitlige indhold af N. Effekterne er dog ikke dokumenteret i forsøg.

A. Automatisk fodring med fuldfoder med hængebanevogn med indbygget mixer

Der udfodres med en hængebanevogn, der selv afvejer de enkelte foderemner og mixer foderet før det køres ud til de enkelte fodringshold. Der skal opsættes en hængebane rundt i stalden(e) over foderbordet. Systemet kræver 2 påslag, der automatisk læsser ensilage op i mixervognen og 3 påslag til tørre foderemner, herunder kan én af dem være til en mineralfoderblanding.

B. Automatisk fodring med fuldfoder med hængebanevogn fra stationær blander

Der udfodres med en hængebanevogn, der kun bruges til at køre de relevante foderblandinger ud til de enkelte fodringshold. Der skal opsættes en hængebane rundt i stalden(e) over foderbordet. I dette system mixes foderet i en stationær blander. Systemet kræver 2 påslag, der automatisk læsser ensilage op i den stationære blander og 3 påslag til tørre foderemner, herunder kan én af dem være til en mineralfoderblanding.

1.7 Udstyr til automatisk fodring med fuldfoder (malkekøer)		
Formål: Reduktion af ammoniakemissionen fra kvægstalde ved optimeret fodring		
Teknologi: Hængebanevogn med indbygget mixer eller hængebanevogn kombineret med stationær blander		
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)
1,28 kg NH ₃ -N per år per staldplads	10	12,8 kg NH ₃ -N per staldplads

1.8 Brovægt til optimering af markdrift, lagerstyring og foderstyring

Anvendelse af en brovægt på malkekvægsbedrifter kan give øget fokus på udbytte i marken samt fokus på at undgå tab i kæden mark-lager-stald. Når majsensilage og ikke mindst græsensilage oplagres, vil der ud over det uundgåelige forgæringstab, ofte ske utilsigtede tab, fordi management mht. udtagning af siloen ikke er optimal. Det giver bl.a. risiko for tab af ammoniak. Når foderet vejes på en brovægt ved indlægning i silo og i mixervognen ved den daglige udtagning af ensilagen, bliver der mulighed for at sammenligne det indvejede med det forbrugte, så der kan komme fokus på et tab, der herefter kan reduceres. Ved optimal management vil der heller ikke være tab af kvalitet, og dermed kan den sikkerhedsmargen for foderets indhold af protein, som man typisk operer med, reduceres. Dette fører til mindre N i urinen og dermed mindre ammoniaktab. Som gennemsnit for kvæggårde anslås et reduceret tab på ca. 5 % af det høstede tørstof. Det antages at der desuden kan spares ca. 2 % på foderets gennemsnitlige indhold af N. Disse effekter er dog ikke dokumenteret i forsøg.

1.8 Brovægt		
Formål: Reduktion af ammoniakemissionen fra kvægstalde ved optimering af markdrift, lagerstyring og foderstyring		
Teknologi: Brovægt		
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)
1,28 kg NH ₃ -N per år per staldplads	20	25,6 kg NH ₃ -N per staldplads

Indsatsområde 2: Slagtekalve, reduktion af ammoniakemission

2.1 Gylleforsuring i slagtekalvestalde

Se afsnit "1.1 Gylleforsuring i malkekvægstalde"

2.1 Gylleforsuring i slagtekalvestalde		
Formål: Reduktion af ammoniakemissionen fra produktion af slagtekalve		
Teknologi: Gylleforsuring i stalde med slagtekalve		
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)
2,53 kg NH ₃ -N per år per staldplads	15	38,0 kg NH ₃ -N per år per staldplads

2.2 Fasefodring med kraftfoder

Ved slagtekalve kan der etableres to foderstrengene med kraftfoder med forskelligt indhold af energi og protein. Som for malkekøerne skal der købes 1-2 siloer til forskellige slags kraftfoder, med kapacitet på i alt 150 kg pr. kalv samt fodersnegle til at levere foderet rundt i stalden. Forholdet mellem de to blandinger kan gradvis tilpasses i hver boks, så den samlede ration passer til dyrenes behov gennem hele opvæksten fra 3 mdr. til slagtning, idet dyr på samme alder og med samme behov går i samme boks. Den gradvise tilpasning kan give en stor protein (N) besparelse, fordi kalvenes behov for protein falder fra 19 % af fodertørstof til 13 % i løbet af perioden fra 3 mdr. indtil slagtning. Ved fodring med ekstra protein skal dette udskilles med urinen, hvilket er en energikrævende proces, så fodring med et lavere proteinniveau tilpasset behovet gennem opvæksten giver også et mindre forbrug af fodertørstof. I de fleste besætninger anvendes kun to blandinger i perioden fra 3 mdr. til slagtning. I forhold til dette har fasefodring med kraftfoder en gunstig effekt på både kalvenes tilvækst, produktionsøkonomien og på et reduceret fodertørstof og næringsstofforbrug, fordi foderets N og P indhold løbende reduceres. Den største besparelse kommer i perioden fra 6 mdr. til slagtning, hvor der anslås en besparelse på ca. 5 % på fodertørstof og ca. 5 % på protein (N). Disse effekter er ikke dokumenteret i forsøg. I perioden indtil 6 mdr. kan der kun opnås en halv så stor reduktion, fordi det foder der normalt anvendes passer bedre med kalvenes behov i denne periode.

For så vidt angår slagtekalve er der regnet på effekten fra fødsel til slagtning. Det er antaget, at småkalve går i dybstrøelse til de er mellem 4 og 6 måneder, og at de derefter indsættes i en sengebåsestald med spaltegulv og ringkanalsystem. I opstaldningsperioden i dybstrøelse er der regnet med et ammoniaktab på 6 % af mængden af total-N ab dyr samt et ammoniaktab på 3 % af total-N under lagring af dybstrøelsen. Det er antaget, at 65 % af dybstrøelsen køres direkte i marken uden mellem lagring. I opstaldningsperioden i sengebåsestald er der regnet med et ammoniaktab på 13,5 % af TAN ab dyr samt 3,4 % af TAN ab stald. Det er antaget, at al gylle lagres inden udkørsel.

2.2 Fasefodring med kraftfoder		
Formål: Reduktion af ammoniakemissionen fra slagtekalvestalde ved optimeret fodring		
Teknologi: System med to foderstrenger til fodring med kraftfoder på boks niveau		
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)
0,36 kg NH ₃ -N per år per staldplads	12	4,2 kg NH ₃ -N per staldplads

2.3 Overvågning af drøvtygning og sygdom

Drøvtyggermålerne kan også monteres på slagtekalve. Ligesom hos malkekøer er drøvtygningstiden en god indikator for dyrenes sundhed, idet foderoptagelsen og drøvtygningstiden hurtigt vil blive reduceret ved begyndende sygdom. Værdien af drøvtygningsmålingerne, er derfor at dyrene kan tilses og evt. behandles før de bliver klinisk syge og får nedsat produktion. Dette betyder, at der er færre syge dyr, der ikke har en tilvækst, der svarer til den mængde foder de æder. Slagtekalve opstaldes i hold af 20 – 35 kalve. Da kalvene er udsat for et fælles smittepres, og i det hele taget påvirkes af de samme faktorer, når de går i samme hold, så kan sundheden følges på en omkostningseffektiv måde ved bare at montere drøvtyggermålerne på 5 % af kalvene. Det vil være tilstrækkeligt til at fange epidemier af influenza og andre sygdomme.

Når færre dyr i stalden præsterer dårligt pga. subklinisk sygdom så kan en given tilvækst nås med mindre foder, fordi kalvene hurtigere når slagtevægten og dermed bruger foder til vedligehold i færre dage ligesom foderudnyttelsen i perioder med sygdom er væsentligt forringet. Der anslås en besparelse i foderforbruget på i størrelsesordenen 5 % af fodertørstof. Når slagtekalvenes sundhed bliver overvåget er det relevant, at reducere foderets proteinindhold, da den indlagte sikkerhedsmargen kan reduceres, fordi eventuelle problemer vil blive afsløret. Der kan regnes med ca. 2 % mindre protein i foderet af denne årsag, dvs. ca. 2 % mindre N. De anførte effekter er dog ikke dokumenteret i forsøg.

1.9.1 Overvågning af drøvtygning og sygdom		
Formål: Reduktion af ammoniakemissionen fra produktion af slagtekalve ved optimeret management		
Teknologi: Drøvtyggermåler eller walk-over vægt		
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)
0,29 kg NH ₃ -N per år per staldplads	10	2,9 kg NH ₃ -N per staldplads

2.4 Udstyr til automatisk fodring med fuldfoder

Automatisk fodring med fuldfoder kan dels give en forbedret næringsstofudnyttelse ved, at der laves hyppig udfodring, dels er der mulighed for at ligesom ved fase fodring kan fodres med en ration, der er tilpasset til slagtekalvenes behov igennem hele opvæksten. I alle besætninger med automatisk udfodring vil der være positiv effekt af hyppige udfodringer. Det gælder dels på fodertørstofforbruget, dels på protein- (N-) indholdet i foderet, da risikoen for varmt foder, hvor energien og proteinet nedbrydes minimeres. Der kan samtidigt hentes en effekt ved at fodre med 2 eller flere rationer med forskelligt indhold af energi og protein til 2 eller flere holdhold af kalve inddelt efter deres alder. Som gennemsnit anslås en besparelse på ca. 5 % på forbruget af fodertørstof. Der kan desuden spares ca. 2 % på foderets gennemsnitlige indhold af N. Disse effekter er dog ikke dokumenteret i forsøg.

Der anvendes de samme to teknologier til automatisk udfodring som beskrevet til malkekøer.

2.4 Udstyr til automatisk fodring med fuldfoder (slagtekalve)		
Formål: Reduktion af ammoniakemissionen fra kvægstalde ved optimeret fodring		
Teknologi: Hængebanevogn med indbygget mixer eller hængebanevogn kombineret med stationær blander		
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)
0,29 kg NH ₃ -N per år per staldplads	10	2,9 kg NH ₃ -N per staldplads

Indsatsområde 3: Kvæg, reduktion af energiforbruget

I forhold til etablering af miljøvenlige produktionsanlæg er der en række energibesparende teknologier, der kan implementeres. I det nedenstående er beskrevet en række af disse energibesparende teknologier, som kan anvendes i kvægstalde.

LED-belysning i kvægstalde

Gældende for teknologierne: 3.1 og 3.2

Ved at udskifte pulverrørsbelysning ("lysstofrør") med LED-belysning ("light-emitting diode") kan der opnås en væsentlig reduktion i energiforbruget i stalde, herunder kvægstalde, hvor der anvendes en betydelig mængde kunstig lys af hensyn til arbejdsmiljø, dyrevelfærd og mælkeproduktion. Der foreligger ikke konkrete målinger i kvægstalde, men en test i to slagtekyllingestalde, hvoraf referencestalden havde installeret 28 stk. standard T8 36 W lysstofrør af typen 36/840) svarende til et effektoptag inklusiv forkoblinger¹ på 1230 W, og den anden havde installeret 16 stk. 50 W LED armaturer af typen AVILED svarende til et effektoptag på 816 W inklusiv forkoblinger svarende til en energibesparelse på 34 % ved sammenlignelige lysflux (Rasmussen, 2013). I kvægstalde er lysbehovet dog større end i kyllingestalde og kræver derfor større installeret lyseffekt (Tabel 3.1).

Tabel 3.1. Anbefalinger til lys i kvægstalde. Alle tal er i lux. Kilde: Indretning af stalde til kvæg, 2010.

	Arbejdslys	Orienteringslys	Natbelysning
Fodergang	100	25	5
Hvileområde	100	25	5
Opsamlingsplads	100	-	-
Malkestald og malkerum/tankrum	200	-	-
AMS	200	25	5
Kælvningsafdeling	200	25	5
Sygeafdeling	200	25	5

Ved overgang til LED-belysning kan man vælge enten at beholde de gamle armaturer og blot udskifte de gamle pulverrør til LED-rør, eller man kan installere helt nye armaturer til LED-lysenheder. LED-rør er typisk 3-5 gange så dyrt som pulverrør til montering i samme armatur, men til gengæld spares installationsomkostningen til et nyt LED-armatur. Hvad der er mest optimalt, afhænger af den enkelte stalds dimensioner, indretning og den eksisterende belysning.

Ved udskiftning af T8 pulverrør i eksisterende armaturer kan der generelt regnes med, at et 58 W T8 rør kan erstattes af et tilsvarende 23 W LED-rør, mens et 36 W T8 rør kan erstattes af et 20 W LED-rør. Hvis det antages, at tabet i forkoblinger til pulverrør er 20 % og tabet i forkoblinger til LED-rør kun er 2 % (Rasmussen, 2013), kan det estimeres, at udskiftning fra pulverrør til LED-rør giver en besparelse i energiforbruget på 50 til 66 %. Det er i det følgende skønnet, at erstatning af eksisterende T8 pulverrørsbelysning med LED belysning i form af enten LED-rør eller andre LED-lyskilder med tilsvarende lysflux giver en besparelse på 50 % i energiforbruget.

¹ En specifik type af strømforsyning, som sikrer at gasudladningsrør (f.eks. lysstofrør) tændes og energiforsynes korrekt (da.wikipedia.org).

Det anbefales at vælge en lysfarve på 3.000 K til 4.000 K samt en farvegengivelse, defineret ved den såkaldte RA-værdi eller CRI-værdi på minimum 80. (Kvæginfo 2324, www.landbrugsinfo.dk, 2014).

3.1 LED-belysning i malkekvægsstald

Se afsnit "LED-belysning i kvægstalde"

Som udgangspunkt kan der forventes et energiforbrug til belysning (standard-pulverrørsarmaturer med glimtænder) på 150 kWh/årsko (Jørgensen, 2014). Ved en skønnet besparelse på 50 % ved erstatning af pulverrørsbelysning med LED-belysning, kan besparelsen beregnes til 75 kWh/årsko.

Levetiden af LED-lys opgives fra 25.000 timer og helt op til 100.000 timer og er fastsat ud fra målinger af lysenhedens lysudsendelse som funktion af tiden. Den faktiske levetid af en lysenhed er dog formodentlig kortere og afhænger blandt andet af lysarmaturets øvrige komponenter, herunder strømforsyning, det omgivende miljø, herunder af temperaturforholdene i rummet, hvor LED-lyset er monteret. Levetiden af LED-lys i kvægstalde er derfor konservativt fastsat til 50.000 timer hvis det antages, at stalden oplyses med kunstig lys 16 timer dagligt, og at LED-lysenheden har en forventet levetid på 25.000 timer, giver det en LED-lysenhed en samlet levetid på ca. 9 år.

3.1 LED-belysning i malkekvægsstald		
Formål: Reduktion af energiforbruget i malkekvægstalde		
Anvendelse: Belysning i kvægstalde inkl. primærstaldområde, malkestald, mælkerum, servicrum, arbejdslys udenfor stalden (specifikt vendepladser for enden af stalden)		
Teknologi: Rumbelysning i malkekvægstalde baseret på LED-teknologi		
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)
75 kWh/år per staldplads	9	675 kWh per staldplads

3.2 LED belysning i slagtekalvestald

Se afsnit "LED-belysning i kvægstalde"

3.2 LED-belysning i slagtekalvestald		
Formål: Reduktion af energiforbruget i kvægstalde		
Anvendelse: Belysning i kvægstalde inkl. primærstaldområde, servicrum, arbejdslys udenfor stalden (specifikt vendepladser for enden af stalden)		
Teknologi: Rumbelysning i slagtekalvestalde baseret på LED-teknologi		
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)
37,5 kWh/år per staldplads	9	338 kWh per staldplads

3.3 Frekvensstyret vakuumpumpe i malkeanlæg

Maskinmalkning af køer foregår under vakuum. Undertrykket i malkesættet bevirker, at mælken suges ud af koens yver. I malkestalde malkes mange køer samtidig, og når samtlige malkesæt er sat på køerne, er der derfor fuldt vakuumbehov i systemet, men efterhånden som køerne malkes færdig, sænkes vakuumbehovet. Traditionelle uregulerede vakuumpumper opererer ved konstant maksimal ydelse. Med en frekvensstyret vakuumpumpe opnås der en energibesparelse ved at pumpens omdrejningstal og dermed ydeevne reguleres i forhold til det reelle behov for vakuum.

For en besætning med 100 malkekøer benyttes der typisk en vakuumpumpe med et effektoptag på ca. 4 kW. En beregning udarbejdet af SEGES viser, at energireduktionen ved udskiftning af uregulerede vakuumpumper til frekvensstyrede vakuumpumper kan estimeres til 35 % svarende til en standardmiljøeffekt på 24 kWh per årsko ved en mælkeydelse på 10.000 kg per årsko af tung race (Tabel 3.2).

Tabel 3.2. Beregning af energireduktion ved udskiftning af uregulerede vakuumpumper med frekvensstyrede vakuumpumper i malkestalde (SEGES, 2017).

	Ureguleret vakuumpumpe	Frekvensstyret vakuumpumpe
Motorstørrelse	4 kW	4 kW
Driftstimer per malkning ekskl. Vask	1,4 timer	1,4 timer
Driftstimer per vask	1,0 time	1,0 time
Dagligt forbrug	19,2 kWh	12,5 kWh
Samlet forbrug per år	7.008 kWh	4.563 kWh
Energibesparelse		35 %
Forbrug/år per ko	70 kWh	46 kWh
Energibesparelse år per malkeko		24 kWh

3.3 Frekvensstyret vakuumpumpe i malkeanlæg		
Formål: Reduktion af energiforbruget i kvægstalde		
Teknologi: Frekvensstyret vakuumpumpe		
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)
24 kWh/år per staldplads	10	240 kWh per staldplads

3.4 Brøndvandskøling af mælk

Normal mælkekøling foregår ved, at den varme mælk pumpes direkte i gårdens mælkekøletank, hvor mælken køles ned til opbevaringstemperatur på 4 °C indenfor 2 timer efter malkningen er afsluttet. Der findes flere systemer til at nedkøle mælken. Mange anlæg er baseret på direkte køling ved hjælp af en kølemaskine, som principielt fungerer ligesom et køleskab. Dette kaldes også DX-køling. Ved DX-køling overføres varmen direkte fra mælken til et cirkulerende kølemiddel i kølemaskinen, og fra kølemidlet til luft via en udeluftkondensator eller alternativt til jorden via et jordslangekredsløb. Ved DX-køling nedkøles mælken således i hele spændet fra temperaturen ved udmalkning på 36°C til lagringstemperaturen på 4 °C. Dette er forbundet med et stort energiforbrug, særligt, hvis varmen blot udledes til det fri.

Der findes også køleanlæg, der benytter indirekte køling, hvor et DX-kølesystem køler et sekundært kredsløb, ofte vand med antifrostvæske, som så benyttes til køle mælken. Systemet er baseret opbygningen af et lager af kølevand, således at mælken kan køles hurtigere. Dette benævnes ofte isvandskøling, og er typisk forbundet med ca. 15 % større energiforbrug end DX-køling. Isbankskøling betegner en yderligere kølekapacitet og er typisk forbundet med 25 % større energiforbrug end DX-køling (Schmidt et al., 2017).

Teknisk set fungerer brøndvandskøling eller brugsvandskøling ved, at mælken løber gennem en plade- eller rørkøler, som benytter brøndvand som kølemiddel. Brøndvandet har en indgangstemperatur på ca. 8-12 °C, hvorved mælkens temperatur næsten uden energiforbrug kan sænkes fra ca. 36 °C til ca. 20 °C. Slut-køling af mælken fra 20 °C til de krævede 4 °C kræver derfor betydeligt mindre energi.

Det opvarmede brøndvand kan bruges enten som drikkevand til køerne, eller det kan yderligere opvarmes til ønsket temperatur til rengøring eller rumopvarmning. Som udgangspunkt forbruges der 2-2,5 liter brøndvand til for-køling per kg mælk. Det udgør ca. halvdelen af køernes drikkevandsforbrug. Det opvarmede brøndvand kan med fordel lagres i en drikkevandstank med en kapacitet svarende til ca. én dags vandforbrug til køling, så det sikres, at tanken tømmes dagligt af hensyn til drikkevandskvaliteten.

Den estimerede energibesparelse ved etablering af brøndvandskøling tilsluttet eksisterende malkesystem er beregnet. Det er antaget, at der i udgangspunktet benyttes direkte køling (DX-køling) af mælken kombineret med varmeafgivelse via ekstern luftkondensator. Det antages, at kølemaskinen har en køleeffektfaktor på 2,9 (også kaldet COP-værdi) i udgangspunktet, men at køleeffekt faktoren falder til 2,4 ved køling af mælken fra 20 til 4 °C, fordi kølemaskinens kompressor skal udføre mere arbejde for at køle mælken. Energiforbruget til mælkekøling i udgangspunktet er således:

$$\frac{10.000 \text{ kg mælk} \cdot (36-4^{\circ}\text{C}) \cdot 3,891 \text{ kJ}/(^{\circ}\text{C} \cdot \text{kg mælk})}{2,9 \cdot 3600 \text{ kJ/kWh}} = 119 \text{ kWh per årsko}$$

Ved anvendelse af brøndvand til for-køling af mælken fra 36 til 20 °C fås følgende estimerede energiforbrug, idet for-køling med brøndvand energimæssigt er gratis:

$$\frac{10.000 \text{ kg mælk} \cdot (20-4^{\circ}\text{C}) \cdot 3,891 \text{ kJ}/(^{\circ}\text{C} \cdot \text{kg mælk})}{2,4 \cdot 3600 \text{ kJ/kWh}} = 72 \text{ kWh per årsko}$$

Energibesparelsen og dermed standardmiljøeffekten kan således beregnes til: 47 kWh per årsko svarende til en besparelse på 39 %.

Det fremgår af ovenstående, at energiforbruget afhænger af, hvor mange grader mælken nedkøles, samt af kølemaskinens køleeffektfaktor, som udtrykker, hvor effektivt kølemaskinen omdanner el-energi til køling. Baseret på ovenstående fastsættes standardmiljøeffekten af brøndvandskøling til 47 kWh per årsko.

3.4 Brøndvandskøling af mælk		
Formål: Reduktion af energiforbruget i kvægstalde		
Teknologi: Plade- eller rørkøler tilkoblet brugsvandsforsyning (brøndvand fra egen boring eller vandværksvand)		
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)
47 kWh/år per staldplads	15	705 kWh per staldplads

3.5 Frekvensstyret mælkepumpe og mælkeudskiller med bufferkapacitet

Effektiviteten af brøndvandskøling afhænger blandt andet af flowet af mælk gennem plade- eller rørkøleren. Ved anvendelse af en ureguleret mælkepumpe varierer mængden af mælk, der strømmer gennem køleren over tid, blandt andet som funktion af tid efter påbegyndt malkning. Når mælkeflowet gennem køleren varierer, vil energi-transporten fra mælk til vand ligeledes variere, hvilket bevirker, at mælken ved højt flow ikke nedkøles så meget som ved lavt flow. Ved at udskifte ældre uregulerede mælkepumper med frekvensstyrede mælkepumper samt installere en mælkeudskiller med stor bufferkapacitet kan flowet gennem køleren optimeres, hvorved mælken kan køles yderligere ned. Det forventes således, at mens for-køling med ureguleret mælkeflow kan sænke mælkens temperatur fra 36 til 20 °C er det muligt, via et stabilt optimalt mælkeflow, at reducere mælkens temperatur helt ned til 15 °C givet fremløbstemperaturen på brøndvandet er 8 °C, og at brøndvandets flow gennem køleren minimum er 2 liter per kg mælk.



Frekvensstyret mælkepumpe samt mælkeudskiller med bufferkapacitet.

Nedenstående beregning viser den estimerede energibesparelse ved etablering af brøndvandskøling kombineret med frekvensstyret mælkepumpe og mælkeudskiller med bufferkapacitet per årsko med en mælkeydelse på 10.000 kg mælk. Energiforbruget til mælkekøling (DX-køling) i udgangspunktet er således:

$$\frac{10.000 \text{ kg mælk} \cdot (36-4^{\circ}\text{C}) \cdot 3,891 \text{ kJ}/(^{\circ}\text{C} \cdot \text{kg mælk})}{2,9 \cdot 3600 \text{ kJ/kWh}} = 119 \text{ kWh per årsko.}$$

Ved anvendelse af for-køling med brøndvand kombineret med frekvensstyret mælkepumpe og mælkeudskiller med bufferkapacitet sænkes mælketemperaturen maksimalt til 15°C, og Dx-køleanlægget skal derfor sænke mælkens temperatur fra 15 til 4°C, hvorved følgende energiforbrug kan estimeres, idet det antages, at kølemaskinens køleeffektfaktor reduceres til 1,8:

$$\frac{10.000 \text{ kg mælk} \cdot (15-4^{\circ}\text{C}) \cdot 3,891 \text{ kJ}/(^{\circ}\text{C} \cdot \text{kg mælk})}{1,8 \cdot 3600 \text{ kJ/kWh}} = 66 \text{ kWh per årsko.}$$

Energibesparelsen kan således beregnes til: 65 kWh per årsko eller 18 kWh mere per årsko end brøndvandskøling uden regulering af mælkeflow'et svarende til en besparelse på 27 %. Baseret på ovenstående er standardmiljøeffekten af anvendelse af frekvensstyret mælkepumpe og mælkeudskiller med bufferkapacitet beregnet til 18 kWh per årsko ved en årsydelse på 10.000 kg mælk.

Energiforbruget til mælkekøling afhænger stærkt af, hvor mange grader mælken nedkøles, samt af kølemaskinens køleeffektfaktor, som udtrykker, hvor effektivt kølemaskinen omdanner el-energi til køling. Ligeledes afhænger energibesparelsen af den faktiske mængde af kølevand og dets temperatur. Målinger viser, at der kan forekomme store variationer i fremløbstemperaturen på især vandværksvand. Den faktiske energibesparelse kan derfor afvige meget fra nedenstående estimat.

3.5 Frekvensstyret mælkepumpe og mælkeudskiller med bufferkapacitet		
Formål: Reduktion af energiforbruget i kvægstalde		
Teknologi: Frekvensstyret mælkepumpe og mælkeudskiller med bufferkapacitet		
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)
18 kWh/år per staldplads	10	180 kWh per staldplads

Varmegenvinding fra mælkekøling

Gældende for teknologierne: 3.6 og 3.7

I malkekqvægstalde forbruges der store mængder varmt vand til rengøring af malkeanlæg eller malkerobotter samt til rengøring af mælketanke. Samtidig bruges der store mængder varme i forbindelse med nedkøling af mælken. Varme fra mælkekøling udledes til det fri, hvis den ikke kan udnyttes. Man kan dog med fordel udnytte køle-varmen til at producere varmt vand til diverse formål på kvægbedriften, herunder varmt brugsvand, opvarmning af malkerobotrum, kontor og servicorum. Dette gøres ved hjælp af en varmepumpe, som kan opvarme vand til 55-60 °C.

Rengøring af malkeanlæg kræver normalt en vandtemperatur over 80 °C, og her spares der energi, ved anvendelse af forvarmet vand, idet der medgår mindre energi til at opvarme vandet til den ønskede temperatur over 80 °C, når vandet kun skal opvarmes fra ca. 55 °C fremfor fra 8 °C. Energibesparelsen på opvarmning af brugsvand sammenlignet med normal opvarmning afhænger af behovet for almindeligt brugsvand og vand med en temperatur over 80 °C.

Nedenstående beregninger, der er udarbejdet med inspiration fra Schmidt et al., (2017), viser den estimerede energibesparelse ved etablering af varmegenindvinding fra mælkekøling.

Udgangspunktet er traditionel mælkekøling med direkte køling (DX-køling) i mælketank ved fuld varmeafgivelse ved anvendelse af en udeluftkondensator samt opvarmning af vaskevand til rengøring af malkeanlæg ved anvendelse af el-patron. Vandforbrug til vask er baseret på Schmidt et al. (2017). Dette giver et samlet reference-energiforbrug på:

$$\text{Mælkekøling: } \frac{10.000 \text{ kg mælk} \cdot (36-4^{\circ}\text{C}) \cdot 3,891 \text{ kJ}/(^{\circ}\text{C} \cdot \text{kg mælk})}{2,9 \cdot 3600 \text{ kJ/kWh}} = 119 \text{ kWh per årsko.}$$

$$\text{Vaskevand: } \frac{2750 \text{ liter vand} \cdot (8-88^{\circ}\text{C}) \cdot 4,184 \text{ kJ}/(^{\circ}\text{C} \cdot \text{kg mælk})}{3600 \text{ kJ/kWh}} = 256 \text{ kWh per årsko.}$$

Det samlede reference-energiforbrug er således $(119 + 256) = 375$ kWh per årsko.

3.6 Varmegenindvinding fra mælkekøling (anlæg uden for-køling med brøndvand)

Se afsnit "Varmegenindvinding fra mælkekøling"

Ved etablering af varmgenvinding opsamles kølemaskinens producerede varme i en akkumuleringstank med henblik på anvendelse til rengøring eller centralvarme. Dette bevirker, at kølemaskinen skal udføre et ekstra arbejde, fordi den skal aflevere energien fra mælken ved en højere temperatur end i en udeluftkondensator. Køleeffekt faktoren (COP) sænkes derfor fra 2,9 til 2,0. Energiforbruget er beregnet til:

$$\text{Mælkekøling: } \frac{10.000 \text{ kg mælk} \cdot (36-4^{\circ}\text{C}) \cdot 3,891 \text{ kJ}/(^{\circ}\text{C} \cdot \text{kg mælk})}{2,0 \cdot 3600 \text{ kJ/kWh}} = 172 \text{ kWh per årsko.}$$

$$\text{Vaskevand med el-patron: } \frac{2750 \text{ liter vand} \cdot (55-88^{\circ}\text{C}) \cdot 4,184 \text{ kJ}/(^{\circ}\text{C} \cdot \text{kg mælk})}{3600 \text{ kJ/kWh}} = 105 \text{ kWh per årsko.}$$

Det samlede energiforbrug ved varmgenvinding er således $(172 + 105) = 277$ kWh per årsko.

Energibesparelsen og dermed standardmiljøeffekten kan således beregnes til $(375 - 277) = 98$ kWh per årsko svarende til en besparelse på 26 %.

3.6 Varmegenindvinding fra mælkekøling (anlæg uden for-køling med brøndvand)		
Formål: Reduktion af energiforbruget i kvægstalde		
Anvendelse: varmegenindvinding fra mælkekøling til forvarmning af vand til vask og/eller centralvarme		
Teknologi: Varmegenindvinding		
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)
98 kWh/år per staldplads	10	980 kWh per staldplads

3.7 Varmegenvinding fra mælkekøling (anlæg med for-køling med brøndvand)

Se afsnit "Varmegenindvinding fra mælkekøling"

Hvis køleanlægget allerede er tilkoblet for-køling med brøndvand øges effektiviteten af varmegenvindingen. Årsagen hertil er, at for-kølingen kan betragtes som gratis frikøling. Ved anvendelse af brøndvand til for-køling af mælken fra 36 til 20 °C fås følgende estimerede energiforbrug, idet for-køling med brøndvand energimæssigt er gratis:

$$\text{Mælkekøling med for-køling: } \frac{10.000 \text{ kg mælk} \cdot (20-4^{\circ}\text{C}) \cdot 3,891 \text{ kJ}/(^{\circ}\text{C} \cdot \text{kg mælk})}{2,4 \cdot 3600 \text{ kJ/kWh}} = 72 \text{ kWh per årsko}$$

$$\text{Vaskevand med el-patron: } \frac{2750 \text{ liter vand} \cdot (8-88^{\circ}\text{C}) \cdot 4,184 \text{ kJ}/(^{\circ}\text{C} \cdot \text{kg mælk})}{3600 \text{ kJ/kWh}} = 256 \text{ kWh per årsko.}$$

Det samlede energiforbrug ved DX mælkekøling med for-køling men uden varmegenvinding er således (72 + 256) = 328 kWh per årsko.

Ved varmegenvinding på køleanlæg med for-køling med brøndvand falder kølemaskinens køleeffektfaktor (COP), fordi kølemaskinen skal arbejde mere for både at køle mælken i et lavere temperaturområde og for at aflevere varmen ved en højere temperatur. Køleeffekt faktoren er beregningsmæssigt fastsat til 1,8.

$$\text{Mælkekøling med for-køling og varmegenvinding: } \frac{10.000 \text{ kg mælk} \cdot (20-4^{\circ}\text{C}) \cdot 3,891 \text{ kJ}/(^{\circ}\text{C} \cdot \text{kg mælk})}{1,8 \cdot 3600 \text{ kJ/kWh}} = 96 \text{ kWh per årsko.}$$

$$\text{Vaskevand med el-patron: } \frac{2750 \text{ liter vand} \cdot (55-88^{\circ}\text{C}) \cdot 4,184 \text{ kJ}/(^{\circ}\text{C} \cdot \text{kg mælk})}{3600 \text{ kJ/kWh}} = 105 \text{ kWh per årsko.}$$

Det samlede energiforbrug ved mælkekøling med for-køling og varmegenvinding er således (96 + 105) = 201 kWh per årsko.

Energibesparelsen og dermed standardmiljøeffekten kan således beregnes til (328 – 201) = 127 kWh per årsko svarende til en besparelse på 39 %.

3.7 Varmegenindvinding fra mælkekøling (anlæg med for-køling med brøndvand)		
Formål: Reduktion af energiforbruget i kvægstalde		
Anvendelse: varmegenindvinding fra mælkekøling til forvarmning af vand til vask og/eller centralvarme		
Teknologi: Varmegenvinding		
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)
127 kWh/år per staldplads	10	1270 kWh per staldplads

Gartneri

Indsatsområde 4: Reduktion af energiforbrug

Miljøeffekten for en given teknologi er angivet i enheden kWh pr m². Arealet vedrører det areal, som teknologien har effekt på, det vil sige væksthuseareal, dyrkningsareal på friland eller lagerareal. I et væksthuse har teknologien kun effekt på det areal som reelt anvendes til produktion, dvs. eksklusiv eventuel teknikrum eller lager. Det gennemsnitlige årlige energiforbrug i et væksthuse er 265 kWh/m², jf. Danmarks Statistik (2017) over opgørelser af energiforbrug og væksthuseareal.

4.1 Højisolerende dækkemateriale til isolering af væksthuses nordvendte vægge

Trempler er de lodrette sider i et væksthuse. Her kan glas eller kanalplader erstattes af højisolerende bygningslementer. Anvendes normalt kun på væksthuses nordside (og eventuelt også tagflader mod nord). Energibesparelsen afhænger af det areal, som erstattes med et højisolerende materiale.

Materialet findes på markedet, ligesom materialet har været anvendt ved nybyggeri i de senere år. Der er en uddybende redegørelse for energibesparelspotentialet under punktet: 4.2 Højisolerende dækkematerialer til isolering af ældre væksthuse. Se endvidere Tabel 4.1 og 4.2.

Ved udskiftning af enkeltlagsglas med flerlags polykarbonat-kanalplader eller kølerumplader reduceres energiforbruget. Energibesparelsen afhænger af areal af dækkemateriale og orientering af det, samt type af væksthuse og væksthuses størrelse (længde). Jo større væksthuse, jo mindre nordvæg (relativt), og jo mindre besparelse. I en ældre 20 m bred væksthuse kan arealet af nordvæggen udgøre 10 %. En energibesparelse på ca. 10 % svarer til en miljøeffekt på 27 kWh/m² væksthuseareal. Undersøgelser i forbindelse med nybygning vs renovering af væksthuse viste at lystabet ved renovering var mindst 30 % i forhold til en nybygning, så der var ingen produktionsmæssig gevinst ved punktvis renoveringer (N.E. Andersson, interne rapporter).

4.1 Højisolerende dækkemateriale til isolering af væksthuses nordvendte vægge		
Formål: Energibesparelse ved isolering		
Anvendelse: Enkeltstående væksthuse		
Teknologi: Kanal- eller kølerumplader til isolering af hele den nordvendte væg		
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)
27 kWh per m ² /år ved reduktion på 10 %	15	405 kWh per m ²

4.2 Højsolerende dækkematerialer til isolering af ældre væksthuse

Isolerende dækkematerialer, i form af kanalplader, nedsætter energiforbruget, men energibesparelsen afhænger af det areal, hvor glas erstattes med isolerende dækkematerialer. Nedsættelsen af energiforbruget afhænger også af det antal lag, som pladen består af. Varmetransmissionskoefficienten reduceres fra 3,1 for en dobbeltlagsplade til $1,6 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ for en 6-lagsplade. Til sammenligning har glas en varmetransmissionskoefficient på $6,5 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$. Anvendes permanent isolering, dvs. materialer uden lysgennemgang, kan varmetransmissionskoefficienten reduceres til mindre end $0,4 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$. Der er i det følgende givet nogle eksempler på den forventede energibesparelse ved at udskifte enkeltlagsglas med 2-lags kanalplader.

Det er lettest at erstatte enkeltlagsglas med dobbelte kanalplader i fritliggende væksthuse. Et almindeligt fritliggende væksthuse, bygget i glas og uden isoleringsgardiner, har et typisk varmeforbrugstal (P-værdi) på $8,5 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$. Det er ikke ualmindeligt, at gavlene i eksisterende fritliggende væksthuse består af kanalplader, hvilket giver en P-værdi på $8,1 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$. Når der meget ofte bruges kanalplader i gavlene, er det fordi, det er vanskeligt at montere et træksystem til et isoleringsgardin. Ved isolering af gavlene udelades monteringen af et skygge- eller isoleringsgardin. Udskiftes yderligere, for eksempel den nordvendte trempel med kanalplader, reduceres P-værdien til $7,7 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$, og med begge trempeler isoleret til $7,5 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$. Hvis f.eks. den nordvendte tagflade også udskiftes, reduceres P-værdien til $6,0 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$, og med begge tagflader udskiftet med dobbelte kanalplader bliver P-værdien $4,5 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$.

I stedet for kanalplader kan glasset i nordtrempelen erstattes med permanent isolering (typisk kølelementer). Det vil reducere P-værdien i et glashus fra $8,5$ til $8,1 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$. I et fritliggende væksthuse, bygget i kanalplader, vil isolering af nordtrempelen med permanent isolering sænke P-værdien fra $4,5$ til $4,3 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$. Reduktionen i energiforbruget ved anvendelse af kanalplader i et fritliggende væksthuse er angivet i Tabel 4.1. Data over årligt energiforbrug i tabel 4.1 og 4.2 er af ældre dato. I dag er det gennemsnitlige energiforbrug væsentlig lavere blandt andet på grund af en bedre klimastyring og bedre isolering. Den procentvise reduktion er dog i store træk uændret.

Hvis væksthuset er bygget som en blok (Venloblok), er mulighederne for at bruge isolerende dækkematerialer mindre på grund af tagkonstruktionens udformning og mindre areal af ydervægge. I gavlene bruges ofte kanalplader, og af samme årsag som for fritliggende væksthuse, fordi det er vanskeligt at montere et velfungerende træksystem til et isoleringsgardin.

Tabel 4.1. Ændring i det årlige energiforbrug for et fritliggende væksthuse ved isolering med 2 lags-kanalplader ved en sætpunktstemperatur på 20 °C.

Isolering	P-værdi [Wm ⁻² K ⁻¹]	Årligt energiforbrug [kWh pr m ²]	Reduktion i energiforbruget set i forhold til uisoleret [%]
Uisoleret	8,5	887	-
Permanent isolering af nordtrepel	8,1	846	5
Gavle	7,9	825	7
Gavle og nordtrepel	7,7	804	9
Gavle og trepler	7,5	783	12
Gavle, trepler og en tagflade	6,0	626	29
Gavle, en trepel med permanent isolering og en med kanalplade og en tagflade	5,8	605	32
Alle udvendige flader i kanalplade	4,5	470	47
Permanent isolering af nordtrepel, øvrige flader i kanalplader	4,3	449	49

En Venloblok af glas har en P-værdi på 8,1 Wm⁻²K⁻¹. Ved isolering af gavlene bringes P-værdien ned på 7,7 Wm⁻²K⁻¹. Isoleres nordtrempelen med kanalplader, fås en P-værdi på 7,5 Wm⁻²K⁻¹. Bruges der i stedet permanent isolering i nordtrempelen, reduceres P-værdien til 7,2 Wm⁻²K⁻¹. Bruges der desuden kanalplader i sydtrempelen, bliver P-værdien 7,0. Den vanskeligste del at isolere på et blokvæksthuse er som nævnt taget, men de teoretiske beregninger ved udskiftning med kanalplader er medtaget i Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Ændring i energiforbrug for et blokvæksthuse (Venloblok) ved isolering med 2-lags kanalplader ved en sætpunktstemperatur på 20 °C.

Isolering	P-værdi [Wm ⁻² K ⁻¹]	Årligt energiforbrug [kWh pr m ²]	Reduktion i energiforbruget set i forhold til uisoleret [%]
Uisoleret	8,1	846	-
Gavle	7,7	804	5
Gavle og nordtrepel	7,5	783	7
Gavle og permanent isolering af nordtrepel	7,2	752	11
Gavle, kanalplader i sydtrepel og permanent isolering af nordtrepel	7,0	731	14
Gavle, trepler og en tagflade	5,8	605	28
Alle flader isoleret med akrylplader	4,3	449	47
Nordtrepel permanent isoleret og øvrige flader i kanalplade	4,1	428	49

Den forventede energibesparelse står dog ikke altid mål med det, som opnås i virkeligheden. I væksthuse, bygget helt eller delvist i kanalplader, bliver luftfugtigheden højere og energiforbruget til affugtning stiger. Affugtning er en energiforbrugende proces, der sker ved brug af naturlig ventilation, samtidig med at der tilføres energi til væksthuse.

Investering i udskiftning af glas til kanalplader vil variere en del, afhængig af væksthustype, alder og typen af kanalplader. Jo højere lystransmission kanalplader har, desto højere er prisen, og investeringen kan ligge mellem 400 til 600 kr. pr. kvadratmeter.

Udskiftning af traditionelt glas med glas med mindre refleksion (og forskellige grader af diffusion) betyder i princippet, at der kan komme mere lys til planterne både direkte og nede i afgrøden. Dette vil ikke have en energibesparende effekt, men kan øge produktionen i sommerperioden med 10 % (Dueck

et al., 2012). I vinterperioden er det tvivlsomt om der ses en stor effekt, da det naturlige lys udgør max 25 % af det tilførte lys og vinterlys har oftest en højere grad af diffus karakter.

Kvartsglastyper, der tillader UV gennemslip kan have betydning for kvaliteten af planterne, men ikke for energibesparelse, og medfører en hurtigere slitage af udstyr. For alle alternative glastyper gælder det, at priserne er så høje, at man næppe kan beregne en tilbagebetalingstid. Priserne reflekterer en markedssituation, hvor glasset bruges i arkitektur eller i solfangere.

Ud fra reduktionen i energiforbruget kan miljøpåvirkningen i form af lavere CO₂-emission beregnes. Den mængde CO₂, som dannes pr. energienhed, er afhængig af den anvendte energikilde. Data fra Energistyrelsen viser, at det samlede energiforbrug i gartnerierne i 2008 lå på 7.343 TJ, fordelt på 2.151 TJ fra fjernvarme, 1.832 TJ fra stenkul, 1.264 TJ fra naturgas, 1.039 TJ fra elektricitet, 624 TJ fra fuelolie, 366 TJ fra gasolie og 66 TJ fra andre energikilder (Dansk Gartneri, 2012). Anvendelse af 2- eller flerlagsdækkematerialer påvirker ikke elektricitetsforbruget, idet hovedparten anvendes til kunstlys. Stenkul afgiver den største mængde CO₂ pr. energienhed produceret, og har derfor den største miljøpåvirkning (Tabel 4.3), men bruges i praksis ikke mere.

Tabel 4.3. Reduktionen i CO₂-emissionen i kg pr. kvadratmeter pr. år for et fritliggende væksthuse ved en sætpunktstemperatur på 20 °C ved forskellige grader af isolering med 2-lags kanalplader.

Isolering	Fjernvarme	Naturgas	Gasolie	Fuelolie	Stenkul
Permanent isolering af nord-trempel	5	9	12	12	15
Gavle	8	13	17	17	21
Gavle og nordtrempel	10	16	21	22	27
Gavle og trempel	13	22	28	30	36
Gavle, trempel og en tagflade	31	53	69	72	88
Gavle, en trempel med permanent isolering og en med kanalplade og en tagflade	35	58	76	80	97
Alle udvendige flader i kanalplade	51	86	111	117	143
Permanent isolering af nordtrempel, øvrige flader i kanalplader	53	90	116	122	149

Det gennemsnitlige årlige energiforbrug i et væksthuse er 265 kWh/m², jf. Danmarks Statistik (2017) over opgørelser af energiforbrug og væksthuseareal, hvilket reflekterer stigende energiforbrug til kunstlys. Ved udskiftning af enkeltlagsglas med højisolierende to- eller flerlags dækkemateriale kan energiforbruget i et væksthuse reduceres med 10-30 % hvilket giver en gennemsnitlig årlig miljøeffekt på 53 kWh/m². Der opnås størst effekt i enkeltstående væksthuse og effekten aftager med væksthuses størrelse. F.eks. vil der kunne opnås en effekt på mere end 20 % i enkeltstående huse mindre end 20 m bredde, bygget med sprosser af aluminium. Den ønskede miljøeffekt opnås kun såfremt klimastyringen justeres på den eksisterende klimacomputer.

4.2 Højisolerende dækkematerialer til isolering af ældre væksthuse Formål: Energibesparelse ved isolering Anvendelse: Ældre enkeltstående væksthuse Teknologi: Kanalplader		
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)
53 kWh per m ² /år ved en energireduktion på 20 %	10	530 kWh per m ²

4.3 Gardinanlæg til isolering af væksthuse - enkeltlags

Også gældende for teknologi 4.4.

Gardiner i væksthuse har to funktioner. Den ene er afskærmning mod sol (høj lysintensitet), og den anden er energibesparelse om natten. Gardiner anvendes i alle potteplantegartnerier og i stigende omfang i grønsagsgartnerier, da gardiner nu kan foldes effektivt så der ikke skygges.

Energibesparelse ved brug af gardiner i væksthuse har været kendt længe, og virkningen af at bruge gardiner er målt i en del forsøg. Energibesparelsen afhænger af det materiale, som gardinerne er fremstillet af, og energibesparelsen opstår gennem påvirkning af tre faktorer:

- Et glasvæksthus har et energitab gennem konvektion, hvor luften i væksthuset afkøles af det kolde glas.
- Et glasvæksthus har et naturligt luftskifte, hvor varm luft siver ud og erstattes med kold luft (marginalt i moderne væksthuse).
- Der sker energitab gennem langbølget varmestråling fra alle overflader i væksthuset.

I litteraturen er der stor variation i angivelsen af energibesparelsen ved brug af gardiner, og en af årsagerne skal findes i, at der ikke er taget hensyn til luftskiftet i væksthuset. Ældre væksthuse har ofte et højere naturligt luftskifte pga. utætheder end moderne væksthuse, og luftskiftet reduceres yderligere, hvis der bruges kanalplader som dækkematerialer i stedet for glas.

Et gardin, som er tæt, dvs. at luften har svært ved at passere igennem materialet, reducerer energitabet ved konvektion. Samtidig er et tæt gardin med til at reducere luftskiftet i væksthuset. Strålingstabet kan reduceres, hvis der bruges et gardin, som indeholder aluminium. Aluminium bruges, fordi det er billigt, og kan fremstilles som en tynd folie, der limes på en plastfilm. Energibesparelsen er derfor afhængig af det gardinmateriale, som anvendes. Yderligere er energibesparelsen afhængig af, hvilken styringsstrategi der anvendes, og om der anvendes mere end ét lag gardiner og graden af gardinets inddækning i kanten.

I litteraturen angives værdier fra 20 til over 40 % i energibesparelse ved anvendelse af gardiner (Dieleman et al. 2006; Bartok 2016). I nogle tilfælde angives endnu højere energibesparelser, fordi energibesparelsen kun er udregnet for den periode, hvor gardinerne er trukket for. Der er ingen

energibesparelse, når gardinerne er trukket fra, hvad de er om dagen, men væksthuset vil fortsat kræve opvarmning. Energibesparelsen angives i nogle tilfælde på årsbasis og i andre tilfælde kun for vinterperioden.

Der findes ingen standard for måling af et gardinmateriales energibesparende effekt, og fabrikanter af gardinmaterialer angiver ikke, hvilken metode de har brugt til fastsættelse af energibesparelsesprocenten. Der udvikles til stadighed nye typer med forskellige fordele – brandhæmmende eller lysdiffuserende typer, der dog næppe har praktisk betydning for energibesparelse.

En realistisk værdi for ét-lagsgardiner er en energibesparelse på 20-30 %, lavest for transparente materialer og højest for gardiner af aluminium. Der er dog ikke proportionalitet mellem energibesparelse og procentvis indhold af aluminium. Effekten afhænger også af tæthed og montage. Der findes kun få oplysninger om størrelsen af energibesparelsen, når der installeres to lag gardiner i væksthuset. Energibesparelsen bliver større, men igen afhænger besparelsen af gardinmaterialernes egenskaber. Bruges tætte gardiner og vandret montering af flere gardiner, fås en højere energibesparelse, fordi den stillestående luft mellem de to gardinlag øger isoleringen.

Energibesparelsen stiger med 10 til 15 %, når der installeres et ekstra lag gardiner (Zhao et al., 2011).

Et krav, uanset om der er installeret ét- eller to-lagsgardiner for at få den maksimale energibesparelse, er at inddækningen, dvs. dér, hvor gardinet ligger an mod konstruktionen, er tæt. Det løses på forskellig vis, bl.a. ved overlappning og en såkaldt fodpose ved soklen.

Gardinmaterialerne slides ved foldning og ved træksnore og nedbrydes af UV-lys, selv i et glasvæksthus. Ved slitage opstår utætheder i gardinmaterialerne, og energiforbruget forøges. Levetiden for et gardin anlæg er erfaringsmæssigt mellem 5 og 7 år. Udskiftning af slidte gardinmaterialer til et andet og mere isolerende materiale vil betyde en lille reduktion i energiforbruget.

NIR gardiner er karakteriseret ved at kunne reflektere en del af solens nærinfrarøde (NIR) stråling.

Refleksionen opnås ved brug af nanoteknologi, og idéen er at reducere varmebelastning af væksthuset i perioder med høj indstråling. Undersøgelser på Københavns Universitet viser at NIR gardiner, anvendt som isoleringsgardiner, ikke giver en større energibesparelse end gardiner fremstillet af samme materiale, blot uden NIR-egenskaber, og at deres funktionalitet ikke er tilfredsstillende (Rosenqvist, KU, pers. med.).

Diffuse gardiner kan i sommerperioden øge produktiviteten. De har som sådan ingen energibesparende effekt, men sikrer en bedre fordeling af lyset, og man kan opnå en bedre vækst i skyggekrævende planter, fordi man kan øge den daglige lyssum (Hohenstein, 2014), mens effekten har mindre betydning for lyskrævende planter, som er udbredt i Danmark.

Der er en række gardintyper på markedet, der tillader fugtgennemslip, men det betyder også at deres isoleringsevne er reduceret. Jo tættere membranen er, desto mere isolering. På samme måde som NIR gardiner er det kun teoretiske data målt på gardinmaterialet, der ligger til grund.

Mørklægningsgardiner bruges i forbindelse med kortdagsbehandling af planter for at inducere blomstring i perioder, hvor den naturlige dagslængde er længere end den kritiske daglængde.

Mørklægningsgardiner er lysttætte gardiner. De har endvidere gode isolerende egenskaber, og kan give en energibesparelse på ca. 30 %, bl.a. fordi de fremstilles med en overside bestående af aluminium.

Der sker kun en reduktion i energiforbruget, når mørklægningsgardinerne er trukket for, og energibesparelsen er målelig i perioder med højt energiforbrug (fra januar til og med april, og fra september til og med december).

Væksthuse kan klassificeres efter deres varmekonsumtal ($Wm^{-2}K^{-1}$), som afspejler væksthushusets energitekniske tilstand. Jo højere et varmekonsumtal, des dårligere er den energitekniske tilstand. Typisk har ældre fritliggende væksthuse et meget højt varmekonsumtal, mens moderne blokvæksthuse har et mindre varmekonsumtal. I nedenstående Tabel 4.4 ses den procentvise energibesparelse ved installation af gardiner i væksthuse med forskellige varmekonsumtal, afhængig af hvor stor en ændring der efterfølgende sker i varmekonsumtallet. En realistisk forbedring af varmekonsumtallet ved installation af gardiner ligger mellem 2-2,5 og afhænger blandt andet af gardinmaterialet og monteringsmetoden.

Tabel 4.4. Procentvis energibesparelse i perioderne januar – april og september – december ved installation af gardiner i væksthuse med forskellige varmekonsumtal, ved en sætpunktstemperatur på 20 °C.

Varmeforbrugstal uden gardiner	Varmeforbrugstal med gardiner lukket mellem solnedgang og solopgang			
	4.5	5	5.5	6
6,5	18	13	9	4
7	21	17	13	8
7,5	23	19	16	12
8	26	22	18	15
8,5	27	24	21	17

Ud fra besparelserprocenterne kan reduktionen i CO₂-emissionen beregnes ud fra den anvendte energikilde for en given ændring i varmekonsumtallet (Tabel 4.5).

Tabel 4.5. Reduktion i CO₂-emissionen i kg. pr. kvadratmeter i perioderne januar – april og september – december ved ændring i varmekonsumtallet for et fritliggende væksthuse, ved en sætpunktstemperatur på 20 °C.

Ændring i varmekonsumtal ($Wm^{-2}K^{-1}$)	Ændring i				
	Fjernvarme	Naturgas	Gasolie	Fuelolie	Kul
0,5	3	5	7	7	9
1,0	6	11	14	15	18
1,5	10	16	21	22	27
2,0	13	21	28	29	36
2,5	16	27	35	37	44
3,0	19	32	42	44	53
3,5	22	38	48	51	62
4,0	25	43	55	58	71

Energibesparelsen er afhængig af den styringsstrategi, der bruges, og energibesparelsen stiger med den tid, som gardinerne er trukket for. Normalt styres gardinerne efter lyset og trækkes for sidst på dagen og åbnes igen om morgenen. Energibesparelsen i litteraturen er i langt de fleste tilfælde angivet efter denne simple styringsstrategi (Hemming et al. 2017, for overblik over metoder mv.).

Der kan opnås en yderligere energibesparelse ved at styre gardinerne efter en energibalancemodel eller fremløbstemperaturstyring. De to nævnte styringsstrategier giver en yderligere energibesparelse i størrelsesordenen 10-15 %, set i forhold til styring efter lys.

Brug af flerlagsgardiner (kombinationer af højisolerede gardiner og skyggegardiner) er i mange tilfælde en bedre løsning end et helt tæt gardin (blank/blank). Det betyder en bedre udnyttelse af naturligt lys, og en bedre mulighed for at vælge en skyggestrategi, der optimeres året rundt. Det betyder også mindre nedslag af fugt, fordi sprækker i de tætte gardiner betyder en betydeligt lavere temperatur på planter under åbninger i gardinerne. Disse er nødvendige fordi varmen fra kunstlys-installationen skal kunne ledes bort.

Generelt er forudsætningen for energibesparelse ved investering i gardininstallationer, at de anvendes så meget som muligt, og ikke kun i korte perioder f.eks. ved lave udetemperaturer og at man faktisk justerer klimastyringen i forhold til de nye gardiner. Derfor kan kombinationen af effektive gardiner og varmepumper mv. til fugtstyring være en god kombination, da gardinerne kan anvendes betydeligt længere tid af året.

Det er vanskeligt at sætte en økonomisk effekt på brugen af gardiner. Det skyldes, at gartneriernes varmemeforbrugstal (pris og energikilde) ikke er ens, og inden for et gartneri kan der være forskellige varmemeforbrugstal for hvert væksthuse. Da varmemeforbrugstallet afhænger af væksthushets alder, vedligeholdelsesstand og væksthustype, er det nødvendigt at inddrage denne viden for at kunne skønne den økonomiske effekt.

Et andet forhold som spiller ind, både på den økonomiske og miljømæssige effekt, er, hvilken energikilde der anvendes i gartneriet. Anvendes kul, er opvarmningsprisen lav, mens miljøpåvirkningen er stor, fordi der dannes meget CO₂ pr. produceret energienhed. Bruges naturgas, er opvarmningsprisen højere, mens miljøpåvirkningen er mindre pga. mindre CO₂-emission (Tabel 4.5).

Ved installation af et enkeltlagsgardin vil energiforbruget kunne reduceres med 15-25 % i forhold til et væksthuse uden gardiner. Energibesparelsen kan øges med 10-15 % hvis der installeres et ekstra lag gardiner. Den årlige miljøeffekt vil således ligge på omkring 50 kWh pr m². Energibesparelsen er afhængig af den styringsstrategi der anvendes og maksimal miljøeffekt kræver en omlægning af klimastyringen på eksisterende klimacomputer.

4.3 Gardinanlæg til isolering af væksthuse - enkeltlags		
Formål: Energibesparelse ved isolering.		
Teknologi: Gardiner med eller uden refleksion. Der findes mange typer af gardiner med forskellige kombinationer af aluminium og polyester. Gardinerne skal være ikke-brændbare. Teknologien er inklusiv fodposer til inddækning og gardinstyring (snoretræk og trækmotorer).		
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)
50 kWh per m ² /år ved enkeltlags-gardiner med en energireduktion på 20 %	5 for gardinmaterialet	250 kWh per m ²

4.4 Gardinanlæg til isolering af væksthuse - tolags

Se afsnit "4.3 Gardinanlæg til isolering af væksthuse - enkeltlags".

4.4 Gardinanlæg til isolering af væksthuse - tolags		
Formål: Energibesparelse ved isolering.		
Teknologi: Gardiner med eller uden refleksion. Et to-lagsgardin består af et normalt isoleringsgardin kombineret med et skyggegardin. Der findes mange typer af gardiner med forskellige kombinationer af aluminium og polyester. Gardinerne skal være ikke-brændbare. Teknologien er inklusiv fodposer til inddækning og gardinstyring (snoretræk og trækmotorer).		
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)
75 kWh per m ² /år ved to-lags-gardiner med en energireduktion på 30 %	5 for gardinmaterialet	400 kWh per m ²

4.5 Klimacomputer med relevant software og sensorer til dynamisk klimastyring i væksthuse

Dynamisk klimastyring baserer sig på en sænkning af varmesætpunktet og en hævnning af ventilationssætpunktet, kombineret med lysafhængigt ventilationstillæg og evt. en lysafhængig CO₂-koncentration. Øget tilførsel af CO₂, f.eks. ved røggasrensning, er kun relevant i kulturer med høj fotosyntese og ved større indstråling, og giver ingen energibesparelse. Optimal klimastyring betegnes almindeligvis ved optimering af produktionen i væksthuset med hensyn til udbytte, kvalitet og økonomi. Alle klimacomputersystemer har faciliteter i softwaren til dynamisk klimastyring og de nødvendige sensorer. I et par af klimacomputersystemerne er det yderligere muligt at lægge modeller "på toppen" af softwaren eller der er indlagt styringsstrategier, men dette er ikke en garanti for yderligere energibesparelse. Der udbydes ikke kommercielle softwarepakker til energibesparende klimaregulering, men klimacomputerfirmaerne tilbyder at tilrette programmer til at opfylde specielle krav. Alt andet lige, vil en sænkning af varmesætpunktet give en energibesparelse, fordi den temperaturforskelle, som skal opretholdes mellem inde og ude, bliver mindre. Teoretisk set kan en energibesparelse på 25-30 % på årsbasis opnås, hvis varmesætpunktet sænkes fra 20 til 16 °C, men konsekvensen af en temperatursænkning på plantevæksten kan have store indflydelse på produktionstiden.

Et forhold med afgørende betydning for klimastyringen, er sensorernes kvalitet og kalibrering. Manglende kalibrering af f.eks. luftfugtighedssensorer kan medføre en fejlagtig fugtstyring, eller CO₂-fejl kan betyde et betydeligt merforbrug på CO₂. Check af sensorer udføres normalt med kalibreret udstyr, ofte i samarbejde med rådgivningstjenesten.

Energiforbruget vil kunne reduceres med op til 30 % hvis varmesætpunktet sænkes fra 20 til 16 grader. Det kræver aktiv indsats med klimastyring. Det gennemsnitlige årlige miljøeffekt vil ligge på omkring 80 kWh pr. m². Udstyret kan med fordel kombineres med andre teknologier, f.eks. en kaloriferer.

4.5 Klimacomputer med relevant software og sensorer til dynamisk klimastyring i væksthuse		
Formål: Energibesparelse		
Teknologi: Klimacomputer med relevant software og sensorer for lys, temperatur, fugtighed og CO ₂ i hver væksthusehed samt en arbejdsstation til dynamisk klimastyring. En klimacomputer kan styre 8-12 væksthuseheder.		
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)
80 kWh per m ² /år ved en energi-reduktion på 30 %	10	800 kWh per m ²

4.6 LED-belysning til væksthuse

Inden for belysning bruges i større og større omfang lysdioder (LED). Det skyldes at udviklingen inden for lysdioder har gjort dem mere og mere energieffektive, og at de i energieffektivitet ligger tæt på højtryksnatriumlamper, hvor mere end 30 % af den tilførte energi bliver omsat til synligt lys.

Et LED belysningssystem kan erstatte højtryksnatriumlamper og andre typer vækst-lamper. Systemet er under fortsat udvikling, og der findes en tidligere version, der er installeret i danske gartnerier, og som er valideret ved forsøg på Aarhus Universitet (Ottosen, in prep.), hvor energibesparelsen er omkring 40 % samlet efter korrektion for merforbrug af varme. DTU/Fotonik har analyseret energiforbruget, eller rettere energieffektiviteten, hvor de traditionelle SONT lamper ligger på 1,6-1,8 µmol/J, mens de elektroniske ballastlamper med 600 eller 1000 watt er mellem 2,0 og 2,4 µmol/J. LED-lamper ligger mellem 2,2 og 3,0 µmol/J. Dette afhænger dog af lyssammensætning og udviklingstrin af lamperne. De ledende firmaer så som Philips sætter kommercielle lamper på markedet med 3,0 µmol/J. Man kan dog ikke udelukkende bedømme lamperne på basis af lyseffektivitet, idet lysfordeling og -intensitet har en stor rolle. Reelt er den mest effektive bedømmelse en vurdering af pris per micromol på planterne.

På nuværende tidspunkt skønnes det at udskiftning af traditionelle SONT lamper (400 W) til LED giver en besparelse på ca. 50 % på el, men der skal afhængigt af planteart justeres med øget varmetilførsel.

Et gennemsnitligt el-forbrug på ca. 60 kWh/m² vil kunne reduceres med ca. 50 % i forhold til el-forbrug til gamle SONT-lamper (Särkkä et al. 2017; Ouzounis et al. 2018). Da LED ikke afgiver så meget varme vil der være behov for en øget varmetilførsel og energireduktionen vil derfor kun være omkring 15 % svarende til en årlig miljøeffekt på omkring 9 kWh pr. m². Dette afhænger dog af kulturens temperaturkrav, så i arter af prydblatter eller salat, der kræver lav temperatur, og i de fleste krydderurter vil man kunne opnå den fulde effekt af LEDs potentielle energibesparelse, mens man i tomater/agurker og varmekrævende prydblatter vil have en mindre energibesparelse.

Ved udskiftning må lysmængden udtrykt i micromol pr. m² ikke øges i forhold til de eksisterende gamle lamper og ansøger skal kunne dokumentere at el-forbruget reduceres med ca. 50 %.

4.6 LED-belysning i væksthuse Formål: Energibesparelse Teknologi: Lysdioder (LED)		
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)
9 kWh per m ² /år ved en samlet energireduktion på 15 %	10	90 kWh per m ²

4.7 Hybridinstallation med højtryksnatriumlamper og LED-lamper til væksthuse

Nye højtryksnatriumlamper er mere energieffektive sammenlignet med gamle lamper, men afgiver fortsat varme. En ren omstilling af gamle til nye højtryksnatriumlamper vil imidlertid ikke reducere energiforbruget. I LED sker der derimod ikke noget energitab, men den fulde effekt kan kun opnås i planter med temperaturtolerance. For de fleste pryddplanter, tomat og agurk kan hybridinstallationer (med både højtryksnatriumlamper og LED) derfor være en løsning til at bevare en topvarmekilde og få mere energi-effektivt lys.

Ved uændret lysintensitet vil el-forbruget ved en hybridinstallation (med >30 % lys udtrykt i micromol fra LED sammen med nye højtryksnatriumlamper med elektronisk styring) kunne halveres i forhold til el-forbrug til gamle højtryksnatriumlamper. Andelen af fotosynteseaktivt lys fra LED beregnes på baggrund af de enkelte lampetyperes specifikationer for mikromol. Da LED ikke afgiver så meget varme vil der være behov for en øget varmetilførsel. Energireduktionen vil derfor kun være omkring 10 %. Et gennemsnitligt el-forbrug på ca. 60 kWh/m² vil kunne reduceres med ca. 10 % svarende til en årlig miljøeffekt på omkring 6 kWh pr. m². Der sker en løbende udvikling, så pris per mikromol er aftagende. Ved hybridinstallation med højtryksnatriumlamper kan der opnås bedre effekt.

LED lys skal udgøre mindst 30% af afgrødens samlede lysbehov udtrykt i micromol. Det er ikke muligt at udtrykke denne andel som et antal LED-lamper, men andelen af fotosynteseaktivt lys fra LED kan beregnes på baggrund af de enkelte lampetyperes specifikationer for mikromol.

Ved udskiftning må lys-mængden udtrykt i micromol pr. m² ikke øges i forhold til de eksisterende gamle lamper og ansøger skal kunne dokumentere at el-forbruget reduceres med ca. 50 %.

4.7 Hybridinstallation med højtryksnatriumlamper og LED-lamper til væksthuse Formål: Energibesparelse Teknologi: Nye højtryksnatriumlamper med elektronisk styring kombineret med mindst 30 % micromol fra LED		
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)
6 kWh per m ² /år ved en samlet energireduktion på 10 %	10	60 kWh per m ²

4.8 Energi-effektiv varmepumpe til opvarmning i væksthuse

Det kan være attraktivt for gartnerier at udskifte en eksisterende varmekilde baseret på fossilt brændsel til en luft-til-luft eller luft-til-vand varmepumpe. For det første produceres der mere og mere vindbaseret el, som af såvel økonomiske som miljømæssige grunde gør det relevant at se på el til opvarmning. For det andet er der udviklet luft-til-vand varmepumper med højere afgangstemperatur på op til 80 °C mod hidtil ca. 60 °C, hvilket gør dem anvendelige til opvarmning af væksthuse.

Varmepumpen vil kunne tilsluttes direkte til det eksisterende varmesystem. I en luft-til-luft varmepumpe optages energien i en fordamper med kølemiddel, som koger ved lav temperatur hvorved damp presses gennem en kompressor, der hæver dampens temperatur og tryk. Dampen fortsætter over i en kondensator, som afgiver varme til væksthuset.

Investering i et varmepumpeanlæg til opvarmning af væksthuse vil ligge i størrelsesordenen 800 – 1200 kr. pr. kvadratmeter væksthuse. Det er næppe realistisk at basere hele gartneriets opvarmning på varmepumper, men der er altid et minimumsforbrug af energi til opvarmning af væksthusearealet, som kan dækkes vha. en varmepumpe. Det vil nedbringe investeringsbehovet samtidig med, at det vil kunne reducere energiforbruget til ca. en tredjedel (dog afhængig af virkningsgraden på varmepumpen) af den del af varmebehovet, som varmepumpen dækker. En energieffektiv varmepumpe har en effektivitet større end 4,0 SCOP (Seasonal Coefficient Of Performance). En SCOP-værdi på 4 betyder f.eks., at varmepumpen i gennemsnit over hele fyringssæsonen producerer 4 kWh varme, for hver gang den bruger 1 kWh el.

Anvendelse af varmepumper i gartnerierne kan have energimæssige sidegevinster. En varmepumpe har en "kold side" som kan bruges til køling. Varmepumpen kan helt eller delvist erstatte kølekompressor til kølerum eller til røggaskøling fra kedler eller gasmotorer, hvor sidstnævnte vil være medvirkende til en forøgelse af varmepumpens effektfaktor og forøgelse af varmeanlæggets virkningsgrad.

Det gennemsnitlige årlige energiforbrug til opvarmning af et væksthuse er ca. 200 kWh/m². Ved installation af en varmepumpe vil energiforbruget kunne reduceres med ca. 35 % hvilket giver en gennemsnitlig årlig miljøeffekt på 70 kWh/m².

4.8 Energi-effektiv varmepumpe til opvarmning i væksthuse		
Formål: Energibesparelse		
Teknologi: En varmepumpe flytter energi fra omgivelserne til væksthuses opvarmningssystem. En energieffektiv varmepumpe har en effektivitet større end 4,0 SCOP.		
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)
70 kWh per m ² /år ved en samlet energireduktion på 35 %	15	1.050 kWh per m ²

Indsatsområde 5: Reduktion af næringsstofforbrug

Miljøeffekten for en given teknologi er angivet i enheden g N pr. m². Arealet vedrører det areal teknologien anvendes på og har effekt på, det vil sige dyrkningsareal i væksthuse eller på friland. I et væksthuse eller i en tunnel har teknologien kun effekt på det areal som reelt anvendes til produktion, dvs. eksklusiv eventuel teknikrum eller lager.

5.1 Gødningsblander og gødningscomputer til styring af gødning i produktion af tomat og agurk i væksthuse (glashuse, plasthuse eller tunnel)

Også gældende for teknologierne 5.2 og 5.3

I produktionen af potteplanter er det almindeligt at bruge avancerede vand- og gødningsblandere koblet til gødningscomputere og bagvedliggende beslutningsstøtteværktøjer til at sikre, at gødningstilførslen er så præcis som mulig i forhold til at opnå den ønskede vækst og kvalitet. Det vurderes, at der i andre dele af gartnerierhvervet hvor typiske frilandskulturer af grønsager, frugt, krydderurter, medicinplanter, stauder, prydbuske- og træer mm. rykker ind under beskyttede forhold i tunnel, plasthuse eller glashuse, er behov for teknologi til bedre styring af gødningstilførslen således som den i dag foregår i potteplanteproduktionen. Hvor der ikke allerede er installeret avancerede gødningsblandere og gødningscomputere forventes en sådan investering at kunne reducere forbruget af næringsstoffer med 10-30 % (Evans and Sadler 2008). Med en avanceret gødningsblander er det muligt at styre ledningsevne og pH samt koncentrationen af de forskellige næringsstoffer og forholdet mellem disse. I væksthuseproduktionen af 1) tomat og agurk, 2) andre grønsager, bær og potteplanter, og 3) udplantningsplanter og planteskolekulturer anvendes typisk henholdsvis 3000, 1000 og 300 kg. N pr. ha.

5.1 Gødningsblander og gødningscomputer til styring af gødning i produktion af tomat og agurk i væksthuse (glashuse, plasthuse eller tunnel)		
Formål: Reduceret forbrug af næringsstoffer		
Anvendelse: Tomat og agurk i væksthuse		
Teknologi: Avanceret gødningsblander kombineret med en kontrolenhed (vandingcomputer eller en kombineret klima- og vandingcomputer) med software til dosering af gødningsopløsning		
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)
60 g N per m ² /år ved et reduceret N-forbrug på 20 %	10	600 g N per m ²

5.2 Gødningsblander og gødningscomputer til styring af gødning i produktion af grønsager, krydderurter, bær og potteplanter i væksthushus (glashus, plasthus eller tunnel)

Se afsnit "5.1 Gødningsblander og gødningscomputer til styring af gødning i produktion af tomat og agurk i væksthushus (glashus, plasthus eller tunnel)".

<p>5.2 Gødningsblander og gødningscomputer til styring af gødning i produktion af grønsager, krydderurter, bær og potteplanter i væksthushus (glashus, plasthus eller tunnel) Formål: Reduceret forbrug af næringsstoffer Anvendelse: Andre grønsager end tomat og agurk, bær og potteplanter i væksthushus Teknologi: Avanceret gødningsblander kombineret med en kontrolenhed (vandingscomputer eller en kombineret klima- og vandingscomputer) med software til dosering af gødningsopløsning</p>		
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)
20 g N per m ² /år ved et reduceret N-forbrug på 20 %	10	200 g N per m ²

5.3 Gødningsblander og gødningscomputer til styring af gødning i produktion af udplantningsplanter og planteskolekulturer i væksthushus (glashus, plasthus eller tunnel) eller på containerplads

Se afsnit "5.1 Gødningsblander og gødningscomputer til styring af gødning i produktion af tomat og agurk i væksthushus (glashus, plasthus eller tunnel)".

<p>5.3 Gødningsblander og gødningscomputer til styring af gødning i produktion af udplantningsplanter og planteskolekulturer i væksthushus (glashus, plasthus eller tunnel) eller på containerplads Formål: Reduceret forbrug af næringsstoffer Anvendelse: Udplantningsplanter og planteskoleplanter i væksthushus og på containerplads Teknologi: Avanceret gødningsblander kombineret med en kontrolenhed (vandingscomputer eller en kombineret klima- og vandingscomputer) med software til dosering af gødningsopløsning</p>		
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)
6 g N per m ² /år ved et reduceret N-forbrug på 20 %	10	60 g N per m ²

5.4 Recirkulering af gødevand i produktion af tomat og agurk i væksthushus (glashus, plasthus eller tunnel)

Også gældende for teknologierne 5.5 og 5.6

I produktionen af potteplanter og væksthushushusgrønsager er det almindeligt at recirkulere gødevandet, foretage analyser af returvandet og supplere med de næringsstoffer, der måtte være i underskud.

Traditionelt er produktionen af planteskoleplanter foregået i marken som barrodsplanter, men gennem de seneste 30-40 år er produktionen rykket mere over i potter, som dyrkes på bede, på specielt

indrettede containerpladser eller i væksthuse (Purvis et al., 2000). Især er formeringsfasen af planteskoleplanter rykket ind i væksthuse. Her er ofte tale om ældre væksthuse, som tidligere har været brugt til produktion af væksthushorsager eller potteplanter, hvor potterne enten står i bunden af væksthuset eller på åbne borde med vatex. For at begrænse forbruget af vand og næringsstoffer vil det derfor være hensigtsmæssigt at bruge tætte borde og anlæg til recirkulering af gødevand. Ved produktion i bunden af væksthuse eller udendørs vil anlæg af støbte dyrkningsunderlag muliggøre recirkulering af gødevand, som kan tilføres enten via dryp eller ebbe-flod vanding. Det vurderes at der kan spares op mod 15 % næringsstoffer ved recirkulering.

Frugt-, bær- og visse grønsagskulturer dyrkes også i stigende grad i tunnel, plastichus og væksthuse. Her gælder de samme forhold som anført for planteskolekulturer, som rykker ind i væksthuse, og at der vil kunne spares op til 15 % vand og næringsstoffer, ved at indføre teknologi til recirkulering. Det er dog meget vigtigt at disse recirkuleringsteknologier kobles til teknologier til rensning af gødevandet for sygdomsfremkaldende organismer og teknologi til styring af gødning (måling af de vigtigste næringsstoffers niveau og gødningscomputere til at dosere supplerende mængder af næringsstoffer). Her vil ligeledes kunne spares op mod 15 % vand og næringsstoffer ved recirkulering (Giuffrida and Leonardi, 2012; Sanchez-Del Castillo et al., 2014). Se eventuelt skitse af vandstrømme i et væksthuse med recirkulering og vandrensning under pkt. 3.3.16.

I produktionen af 1) tomat og agurk, og 2) andre grønsager, bær og potteplanter i væksthuse, samt 3) udplantningsplanter og planteskolekulturer anvendes typisk henholdsvis 3000, 1000 og 300 kg. N pr. ha. Sammenlignet med traditionel gødevanding uden recirkulering vil forbruget af kvælstof og andre gødninger kunne reduceres og den opnåede årlige miljøeffekt vil ligge på henholdsvis omkring 45, 15 og 4,5 g. N pr. m².

De angivne miljøeffekter opnås ved alene at installere recirkulering, men effekten vil kunne øges ved at kombinere med en klimacomputer (tekn. nr. 4.5).

5.4 Recirkulering af gødevand i produktion af tomat og agurk i væksthuse (glashus, plasthus eller tunnel)		
Formål: Reduceret forbrug af næringsstoffer. Anvendelse: Tomat og agurk i væksthuse		
Teknologi: Tætte dyrkningsborde eller render eller støbt underlag eller vandtæt membran, som sikrer opsamling af returvand i opsamlingsstanke hvorefter gødevandet eventuelt renses for patogener. I en blandingstank blandes drænvand med friskt gødevand i et gødningsanlæg styret af en klimacomputer med software som under 5.1 – 5.3.		
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)
45 g N per m ² /år ved et reduceret N-forbrug på 15 %	10	450 g N per m ²

5.5 Recirkulering af gødevand i produktion af grønsager, krydderurter, bær og potteplanter i væksthus (glashus, plasthus eller tunnel)

Se afsnit "5.4 Recirkulering af gødevand i produktion af tomat og agurk i væksthus (glashus, plasthus eller tunnel)"

5.5 Recirkulering af gødevand i produktion af grønsager, krydderurter, bær og potteplanter i væksthus (glashus, plasthus eller tunnel)		
Formål: Reduceret forbrug af næringsstoffer		
Anvendelse: Andre grønsager end tomat og agurk, bær og potteplanter i væksthus		
Teknologi: Tætte dyrkningsborde eller render eller støbt underlag eller vandtæt membran, som sikrer opsamling af returnvand i opsamlingsstanke hvorefter gødevandet eventuelt renses for patogener. I en blandingstank blandes drænvand med friskt gødevand i et gødningsanlæg styret af en klimacomputer med software som under 5.1 – 5.3.		
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)
15 g N per m ² /år ved et reduceret N-forbrug på 15 %	10	150 g N per m ²

5.6 Recirkulering af gødevand i produktion af udplantningsplanter og planteskolekulturer i væksthus (glashus, plasthus eller tunnel) eller på containerplads

Se afsnit "5.4 Recirkulering af gødevand i produktion af tomat og agurk i væksthus (glashus, plasthus eller tunnel)"

5.6 Recirkulering af gødevand i produktion af udplantningsplanter og planteskolekulturer i væksthus (glashus, plasthus eller tunnel) eller på containerplads		
Formål: Reduceret forbrug af næringsstoffer		
Anvendelse: Udplantningsplanter og planteskoleplanter i væksthus og på containerplads		
Teknologi: Tætte dyrkningsborde eller render eller støbt underlag eller vandtæt membran, som sikrer opsamling af returnvand i opsamlingsstanke hvorefter gødevandet eventuelt renses for patogener. I en blandingstank blandes drænvand med friskt gødevand i et gødningsanlæg styret af en klimacomputer med software som under 5.1 – 5.3.		
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)
4,5 g N per m ² /år ved et reduceret N-forbrug på 15 %	10	45 g N per m ²

Indsatsområde 6: Reduktion af pesticidforbrug

Miljøeffekten for en given teknologi er angivet i enheden B pr. ha, hvor B er et udtryk for pesticidbelastningen. Pesticidbelastningen er beregnet på grundlag af viden om de enkelte aktivstoffers miljøegenskaber. Arealet vedrører det areal teknologien anvendes på og har effekt på, det vil sige dyrkningsareal i væksthuse, tunnel eller på friland. I et væksthuse eller i en tunnel har teknologien kun effekt på det areal som reelt anvendes til produktion, dvs. eksklusiv eventuel teknikrum eller lager. Miljøeffekten for de enkelte teknologier er beregnet på baggrund af mængden af solgte pesticider (Ørum & Holtze, 2017) hvor pesticidbelastningen for herbicider, fungicider og insekticider er angivet for forskellige afgrødetyper. Værdierne for frugt, bær, pryddplanter og planteskolekulturer er imidlertid behæftet med nogen usikkerhed (Ørum et al., 2016).

6.1 Lugerobot til rækkeafgrøder af grønsager

Lugeroboter kan anvendes til ukrudtsbekæmpelse mellem og i rækkerne i udplantede grønsager som kål, salat, selleri, løg og porre. Roboterne er udstyret med kameraer, der kan genkende afgrødeplanter, og derved få mekaniske lugeaggregater til at undvige afgrødeplanterne. Med lugeroboter vil der være mulighed for en nærmest fuldstændig ikke-kemisk ukrudtsbekæmpelse i udplantede grønsager med begrænset behov for opfølgende håndlugning. På det europæiske marked forhandles i øjeblikket flere forskellige lugeroboter, men på det danske marked er det især to lugerobotprincipper, der gør sig gældende. Det ene benytter sig af højtsiddende kameraer, der detekterer flere rækker samtidigt, og dermed foretager en mønstergenkendelse af rækkestrukturen. Selve lugningen foretages med ét roterende skær per række. Det andet lugeprincip har ét linjekamera per afgrøderække, der detekterer hver eneste afgrødeplante. Lugningen foretages med to flade skær – ét fra hver side af rækken – som føres ud og ind imellem afgrødeplanterne. Robotlugning er testet i udplantet kål i England, hvor 62-87 % af ukrudtet i rækken blev bekæmpet inden for en radius af 24 cm fra kålplanterne (Tillett et al., 2008). I udplantet hvidkål i Danmark blev 76 % af ukrudtet i rækken bekæmpet, hvilket var ca. 14% bedre end ikke-intelligente metoder som ukrudtsharvning og fingerhjul (Melander et al., 2015). I samme undersøgelse blev robotlugning også testet i udplantede løgklynger med 7 løgplanter per klynge. Her bekæmpede teknologien ca. 54 % af ukrudtet i rækken under mindre gunstige forhold til ca. 86 % af i-rækken ukrudtet under mere gunstige forhold. I hverken den engelske eller danske undersøgelse opstod der nævneværdige afgrødeskader som følge af robotlugning. I udplantede løg efterlades en restukrudtsmængde, som kan fjernes manuelt eller ved spot-spraying, hvis herbicidforbruget skal holdes maksimalt nede. Tidsforbruget til håndlugning vil helt afhænge af ukrudtstrykket, men kan typisk ligge på 30-90 timer ha⁻¹ (ikke publicerede data fra Melander et al., 2015). Lugeroboter har endnu ikke vist tilstrækkelig pålidelighed til anvendelse i udsæede rækkeafgrøder. Roboterne er især testet i roer, men uden større succes. Ukrudt og afgrøde 'flyder' nemt sammen, hvilket gør det svært for visionteknologien at foretage en klar adskillelse af afgrøde og ukrudt. Reduktionen i herbicidforbruget er markant ved anvendelse af robotlugning svarende til 100% i nogle afgrøder (eks. kål) til det, som svarer til forbruget ved anvendelse af en spot-sprayer. Anvendelse af

lugerobotter er oplagt i både den økologiske og konventionelle produktion. De væsentligste argumenter for at investere i lugerobotteknologien frem for redskaber uden intelligens er flere driftstimer og større sikkerhed for ikke at skade kulturplanterne. Fladebelastningen ifølge Miljøstyrelsens bekæmpelsesmiddelstatistik var 3,53 B pr. ha for herbicider i grønsager i 2016 (Ørum & Holtze, 2017).

6.1 Lugerobot til rækkeafgrøder af grønsager		
Formål: Reduceret forbrug af pesticider		
Anvendelse: Grønsager på friland		
Teknologi: Redskabsramme med påmonterede kameraer (1 stk. pr række), aktuatorer (1 stk. pr række) og lugeudstyr (1 stk. pr række) samt software til behandling af den visionbaserede information, således at afgrøde ikke beskadiges. Alle elementer er integreret i samme redskab.		
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)
3,53 B per ha/år ved 100 % pesticid-reduktion	10	35,3 B per ha

6.2 Autostyring af mekanisk ukrudtsbekæmpelse i grønsager

Også gældende for teknologi 6.3

Autostyring til radrensere ved hjælp af kameraer eller præcise GPS-systemer er teknologier, som kan rationalisere radrensningen i rækkeafgrøder (Wiltshire et al., 2003). Kamerasystemerne kan bestå af: ét kamera per bed til mønstergenkendelse af rækkerne; ét linjekamera per afgrøderække til identifikation af enkeltplanter; eller ét 2D Charge-Coupled Device (CCD) kamera per række, som tilsvarende linjekameraet ser mere lodret ned på afgrødeplanterne. Både linjekameraet og 2D CCD kameraet er afhængig af en tydelig kontrast mellem jord og afgrøde. Real-Time Kinematic GPS-systemer kan også være en relevant mulighed til styring af radrenseren i forhold til afgrøderækken. Mekanisk ukrudtsbekæmpelse mellem afgrøderækkerne eliminerer behovet for kemisk bekæmpelse i dette område. Teknologien vurderes at være relevant for både grønsags- og planteskolekulturer. Radrensere med autostyring kan påmonteres ekstraudstyr som fingerhjul, skrabepinde eller strigletænder til bekæmpelse af ukrudt i selve afgrøderækken (Cloutier et al., 2007). Fingerhjul består af roterende hjul påmonteret gummi- eller plastikfingre. Hver række behandles af to hjul - ét på hver side af rækken - hvor fingrene bekæmper ukrudtet i rækken mekanisk. Skrabepinde består af bøjet fjederstål, hvor to pinde - en på hver side af rækken - 'skraber' jorden i en dybde på 1-2 cm, hvorved ukrudtet bekæmpes. Mekanisk ukrudtsbekæmpelse i rækken vha. fingerhjul og skrabepinde kræver robuste afgrødeplanter for at undgå afgrødeskader. Kun godt forankrede udplantningsplanter, samt udsæede kulturer, der har nået et vist udviklingstrin, kan tåle behandlingen. Ukrudtet skal være småt på bekæmpelsestidspunktet (helst ikke mere end kimbladsstadiet), for at ukrudtseffekten er tilstrækkelig god.

Styringsudstyret dvs. GPS og/eller kamera monteres på eksisterende radrenser. Det samme gælder ekstraudstyr som fingerhjul, skrabepinde og strigletænder. Ofte vil det være nødvendigt at tilføje et hydraulisk element (sideshift) samt evt. et styrehjul til at flytte radrenseren efter GPS- /

kamerasignalerne. Men, hvad der præcis kræves af tilføjelser til GPS og kameradelen afhænger helt af producenten af styringsudstyret. Investeringen vil typisk være GPS (plus evt. kamera), styringssoftware, hydraulisk styringselement samt fingerhjul, skrabepinde eller strigletænder med tilhørende beslag. Besparelsen i herbicidforbruget vil helt afhænge af rækkeafstanden og det ubearbejdede bånd, som radrenseren efterlader omkring afgrødeplanterne. Ved en rækkeafstand på 50 cm og et ubearbejdet bånd på 10 cm vil 80 % af arealet blive rensset mekanisk. I praksis vil reduktionen i herbicidforbruget være lidt mindre, omkring 60-70 %, idet eksempelvis båndsprøjtning af rækken vil medføre et vist overlap (Wiltshire et al., 2003). Fingerhjul og skrabepinde kan erstatte sene herbicidsprøjtninger i udsæede kulturer, forudsat at afgrødeplanterne er godt forankrede. Det varierer dog meget, hvor meget der skal sprøjtes mod ukrudt i rækken i de forskellige grønsagskulturer. I udplantede kulturer kan radrensning med fingerhjul og skrabepinde udgøre en ren mekanisk løsning, omend nogen manuel efterlugning kan blive nødvendig. I gennemsnit forventes ekstraudstyret at kunne føre til en 80 % reduktion i herbicidforbruget for grønsager og planteskolekulturer, når besparelsen omfatter både bekæmpelsen mellem og i rækkerne. Besparelsen skal ses i forhold til en fladebelastning på 3,53 B pr. ha for herbicider i grønsager i 2016 (Ørum & Holtze, 2017). Autostyringssystemer kan desuden øge driftstiden, fordi teknologien ikke stiller samme krav til traktorførerens koncentrationsevne som manuelt betjente styringssystemer.

6.2 Autostyring af mekanisk ukrudtsbekæmpelse i grønsager		
Formål: Reduceret forbrug af pesticider		
Anvendelse: Grønsager på friland		
Teknologi: Styringselementer som GPS og/eller kamera(er) og aktuator(er) samt fingerhjul, skrabepinde eller strigletænder til påmontering på eksisterende radrenser.		
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)
2,82 B per ha/år ved 80 % pesticid-reduktion	10	28,2 B per ha

6.3 Autostyring af mekanisk ukrudtsbekæmpelse i planteskoler

Se afsnit " 6.2 Autostyring af mekanisk ukrudtsbekæmpelse i grønsager"

6.3 Autostyring af mekanisk ukrudtsbekæmpelse i planteskoler		
Formål: Reduceret forbrug af pesticider		
Anvendelse: Planteskoleplanter		
Teknologi: Styringselementer som GPS og/eller kamera(er) og aktuator(er) samt fingerhjul, skrabepinde eller strigletænder til påmontering på eksisterende radrenser.		
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)
2,72 B per ha/år ved 80 % pesticid-reduktion	10	27,2 B per ha

6.4 Mekanisk ukrudtsbekæmpelse i flerårige vedagtige rækkeafgrøder (frugt, bær, planteskoleplanter)

Der findes flere modeller af sideforskudte traktordrevne fræsere, skuffejern eller snore til mekanisk renhold i trærækker (Lindhard Pedersen og Vittrup Christensen, 1992; Lindhard Pedersen og Pedersen, 2004; Lindhard 2012; Wooten 2015). Metoden bliver brugt af økologiske avlere, men har en nyhedsværdi for konventionelle avlere.

Mangeårige erfaringer fra økologien har vist at disse behandlinger fuldstændig kan erstatte brug af herbicider i konventionelle flerårige vedagtige rækkeafgrøder, dog må der påregnes en øget behandlingshyppighed og for buskfrugt med øverliggende rodsystem også let reduceret udbytte. Normalt behandles der 2-4 gange med herbicider om året.

Med afsæt i en samlet fladebelastning på 0,73 B pr. ha for herbicider i frugt og bær i 2016 (Ørum & Holtze, 2017) og et reduceret forbrug på 100 % opnås således en årlig miljøeffekt på 0,73 B pr. ha.

6.4 Mekanisk ukrudtsbekæmpelse i flerårige vedagtige rækkeafgrøder (frugt, bær, planteskoleplanter)		
Formål: Reduceret forbrug af pesticider		
Anvendelse: Frugt, bær, planteskoleplanter		
Teknologi: Sideforskudt traktordreven fræser, skuffejern eller snore til mekanisk renhold i rækker af frugt og bær. Eksklusiv traktor.		
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)
0,73 B per ha/år ved 100 % pesticid-reduktion	10	7,3 B per ha

6.5 Tunnel eller plasthus til dyrkning af bær

Også gældende for teknologi 6.6

I det tidlige forår er klimaet normalt den begrænsende faktor for tidlig plantning af havebrugsafgrøder. Løsningen kan være simple, flytbare dyrkningstunneler dækket med et enkelt lag af klar polyethylen plast, som kan øge dagtemperaturen og øger temperatursummen i vækstsæsonen, hvilket fremskynder og forbedrer produktionen. Drivtunnelerne er imidlertid vindfølsomme, så et mere holdbart og fremtidsorienteret system vil være brug af plasthuse, der placeres permanent på området, har en stærkere konstruktion, og kan isoleres og om nødvendigt opvarmes – ofte kaldet høje tunneler eller plastvæksthuse. Man kan i princippet skelne mellem høje helårstunneler (passive solvarme væksthuse) (Løsning 1) og 3-sæsons høje tunneler (er almindelige i dag) (Løsning 2), der ikke anvendes i vintersæsonen, men hvor man typisk fjerner plastdækket i vintersæsonen, samt plast-væksthuse (Løsning 3), der er en kraftigere konstruktion (Blomgren og Frisch, 2009; Rasmussen og Orzolek, 2009; Reid, 2008; Wien et al., 2008).

Dyrkning af bær og grønsager i tunneler eller plastvæksthuse giver avlerne mulighed for at udvide deres sæson både tidligt og sent, og dermed øge deres konkurrenceevne i forhold til produkter, der importeres (Pedersen et al., 2011). Temperatur og ventilationskontrol er afgørende for produktion af sunde afgrøder med høj kvalitet, så derfor er den langsigtede løsning at investere i mere avancerede væksthuse med ventilationssystemer, så den relative fugtighed og temperatur kan styres.

Helårstunneler med mulighed for en vis grad af klimastyring er også velegnet til økologisk produktion af grønsager, frugt og jordbær, som i dag dyrkes på friland. De kan fungere som regn- og haglbeskyttelse, forlænge sæsonen eller der kan introduceres nye plantearter, som normalt ikke vil kunne klare sig i Danmark. Tunneler alene vil kunne reducere visse sygdoms- og skadedyrsproblemer, og tunneler med mulighed for klimastyring vil kunne reducere forekomsten af andre sygdomme, og for de resterende vil der være bedre mulighed for kontrol med biologisk bekæmpelse. Helårstunneler eller væksthuse vil desuden betyde, at man bedre kan styre gødning og vanding og dermed gøre produktionen mere kontrolleret og mere bæredygtig, samtidig med at kvaliteten forbedres og spildet reduceres for nogle produkter.

I USA og Canada har de høje tunneler vist sig at være velegnede til produktion af højværdiafgrøder, herunder salatmix, babyspinat, tomater, agurker, rød peber, basilikum, afskårne blomster, hindbær, jordbær og meget mere. Også dværgtræ-afgrøder som søde kirsebær kan produceres i større multispantunneler (Cheng og Uva, 2008).

Svampesygdomme ændrer karakter i et plasthus og tunnel, og kan være et problem, hvis den relative fugtighed ikke kan reguleres. Faren for et angreb er størst, når luftstrømmen inde i tunnelen er lav og den relative luftfugtighed er høj. I jordbær er set større angreb af meldug og et mindre angreb af gråskimmel i tunnel (Xiao et al., 2001). Valg af resistente sorter, aktiv ventilation (ved at tilføje gavll eller tagventilation) og fremme af bedre luftcirkulation inde i tunnelen (fx tilføjelse af aktive ventilatorer) er mulige løsninger på problemet, men der er begrænsede erfaringer fra Danmark på dette område.

Skadedyr forårsager normalt mindre skade i høje tunneler, bl.a. fordi afgrøderne en del af tiden vokser, hvor skadedyr er mindre aktive. Ikke desto mindre kan insekter (bladlus, mider, trips, bladhvepse) være generende i høje tunneler. Registreringer af klimaparametre viser at temperaturen er lidt højere i tunnelen end udenfor (Daugaard, 2008). Drypvanding reducerer vandforbruget og de danske undersøgelser har også vist, at ukrudtstrykket er lavt mellem rækkerne, fordi jorden forbliver tør. Ved dyrkning i høje tunneler og plastvæksthuse vil der for højværdiafgrøder som f.eks. jordbær, hindbær og visse frilandsafgrøder, i forhold til frilandsdyrkning, kunne reduceres i pesticidforbruget fordi biologisk bekæmpelse vil være mulig. Herudover vil det ved drypvanding være muligt at reducere vand- og gødningsforbruget. Samtidig opnås tidligere udbytter, og nogle år også reduceret spild på grund af klimabeskyttelse mod regn og hagl.

Ved dyrkning af bær og grønsager i tunneller i stedet for på friland kan fungicid- og insekticid-forbruget reduceres med ca. 50 % per produceret enhed fordi udbytterne stiger, spildet reduceres og det i højere grad er muligt at bruge biologisk bekæmpelse og reducere antallet af pesticid-sprøjtninger, især hvor

klimakontrol er muligt (Martínez-Blanco et al., 2011; Garcia et al., 2016; Demchak, 2009). Investering i tunnel til produktion af bær eller grønsager kan være inklusiv temperatur- og ventilationskontrol. Med afsæt i en samlet fladebelastning på 7,46 og 3,61 B pr. ha for fungicider og insekticider i henholdsvis frugt/bær og grønsager i 2016 (Ørum & Holtze, 2017), og et reduceret pesticidforbrug på omkring 50 % opnås således en årlig miljøeffekt på 3,73 B pr. ha i bær dyrkning, og 1,81 B pr. ha i grønsagsproduktion i tunneller, hvor areal refererer til dyrkningsareal, hvor der dyrkes henholdsvis bær og grønsager til frisk konsum.

6.5 Tunnel eller plasthus til dyrkning af bær		
Formål: Reduceret forbrug af pesticider		
Anvendelse: Bær		
Teknologi: Helårstunneler og sæsonstunneler til afskærmning mod sygdomme og skadedyr. Helårstunneler kan kombineres med klimastyring hvorved effekten øges idet svampesygdomme i højere grad kan kontrolleres.		
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)
3,73 B per ha/år ved 50 % pesticidreduktion	5	18,7 B per ha

6.6 Tunnel eller plasthus til dyrkning af grønsager

Se afsnit "6.5 Tunnel eller plasthus til dyrkning af bær"

6.6 Tunnel eller plasthus til dyrkning af grønsager		
Formål: Reduceret forbrug af pesticider		
Anvendelse: Grønsager		
Teknologi: Helårstunneler og sæsonstunneler til afskærmning mod sygdomme og skadedyr. Helårstunneler kan kombineres med klimastyring hvorved effekten øges idet svampesygdomme i højere grad kan kontrolleres		
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)
1,81 B per ha/år ved 50 % pesticidreduktion	5	9 B per ha

6.7 Regntag over frugt og bær til forebyggelse af svampesygdomme

Opsætning af smalle regntag eller markiser i æbler og pærer har i forsøg vist, at angreb af svampesygdomme reduceres væsentligt. Prototyper består af en vævet plastik som er spændt ud over en topwire i ca. 3-4 m's højde, og fastgjort til to lavere siddende wirer. Det derved opståede mini-telt beskytter smalle træækker imod regn og vedvarende fugt. Netop overfladefugtighed er en forudsætning for de fleste svampesygdommes mulighed for at inficere blade og frugter. Forsøgs mæssigt har det kunnet påvises at angreb af æbleskurv og diverse lagerråd-sygdomme reduceres til et niveau, som konventionelt sprøjtede frugter. Samtidig reduceres solskold, haglskader og klimabetinget skrub på æblerne (Bertelsen og Lindhard Pedersen 2014).

Dette formodes også at gælde i andre frugt- og bærafgrøder, som f.eks. blommer, kirsebær, hindbær, blåbær.

Regntag forventes at kunne reducere pesticidbehandlingerne med 80-100 % (Bertelsen, 2017).

Bekæmpelse mod svampesydomme foretages fra 12 til 25 gange om året, afhængigt af de aktuelle klimaforhold. Nyhedsværdien er meget høj, men metoden er stadig under udvikling og pt. er holdbarheden af systemerne ikke afklaret.

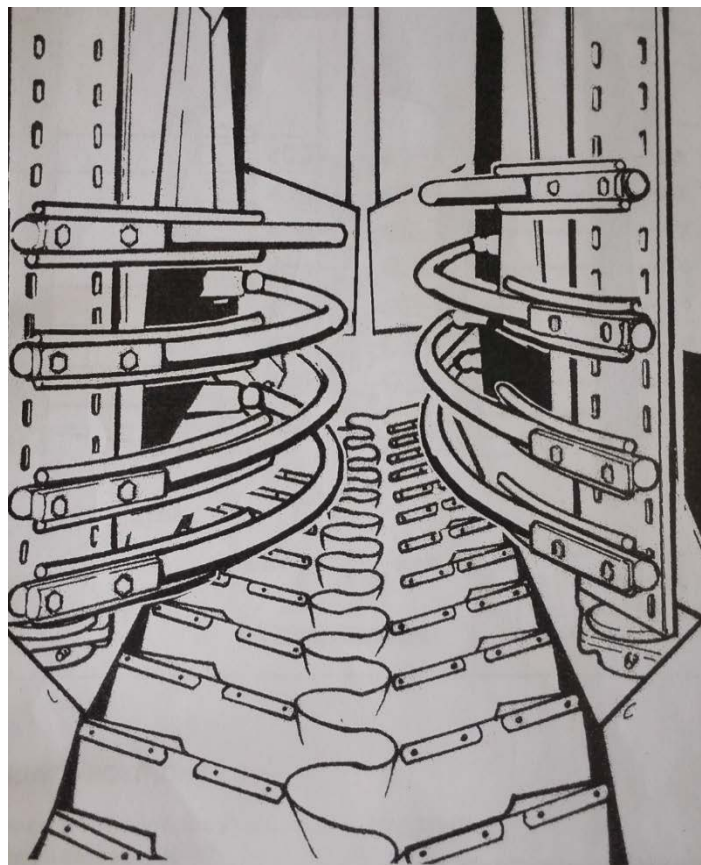
Med afsæt i en samlet fladebelastning på 5,42 B pr. ha for fungicider i frugt og bær i 2016 (Ørum & Holtze, 2017) og et reduceret forbrug på i gennemsnit 90 % opnås således en årlig miljøeffekt på 4,88 B pr. ha.

6.7 Regntag over frugt og bær til forebyggelse af svampesydomme		
Formål: Reduceret forbrug af pesticider		
Anvendelse: Frugt og bær		
Teknologi: Reduktion af luftfugtighed i plantemassen opnået ved overdækning med markiser bestående af gennemsigtigt plast eller presenning monteret på pæle med wirer.		
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)
4,88 B per ha/år ved 90 % pesticidreduktion	5	24,4 B per ha

6.8 Høstmaskine til skånsom høst af bær

Der udvikles løbende nye typer af selvkørende portal-høstere til industribær. Disse nye modeller har nye høstaggater og teknik, som gør høstprocesserne mere skånsomme, og derfor ikke skader buske og bær så meget som tidligere (Wooten, 2015). En skånsom høst opnås f.eks. ved 1) at portalhøsteren er udstyret med samleplader som samler buskenes grene i stedet for at dele dem, 2) at bærrerne rystes af buskene ved hjælp af rystebøjler i stedet for at blive slået af, 3) at rysteintensiteten og rystebredder kan justeres, 4) at transportbånd er opbygget af kopper således at bærrerne bliver i samme kop fra høst til aftømning, og 5) at en lukkeplade omkring buskene forhindrer tab af bær.

Den blidere høst og de mindre skader på bær og buske betyder, at der kan spares på de forebyggende svampe- og skadedyrsprøjtninger. Der forventes at kunne spares 2 sprøjtninger mod barkgalmyg i solbær. Disse skadedyr tillokkes af fysiske skader på grene og lægger æg i gren-sårene. Desuden forventes det at der kan spares 2-3 sprøjtninger mod svampesydomme. Både gråskimmel, som inficerer sår på grenene og svampesydomme, som angriber bærrerne efter høst især, hvis de skades mekanisk. En mere skånsom høst forventes at kunne reducere pesticidforbruget med 20-40 % i forhold til ældre typer portalhøstere (Isskov H.C., pers. medd.).



Høstudstyr til skånsom høst med rysterbøjler hvor intensiteten og rystebredderen kan justeres.

Med afsæt i en samlet fladebelastning på 7,46 B pr. ha for fungicider og insekticider i frugt og bær i 2016 (Ørum & Holtze, 2017) og et reduceret pesticidforbrug på omkring 40 %, opnås således en årlig miljøeffekt på 3,0 B pr. ha.

6.8 Høstmaskiner til skånsom høst af bær Formål: Reduceret forbrug af pesticider Anvendelse: Bær til industri Teknologi: Selvkørende portalhøster med høstaggerater (bl.a. rysterbøjler og transportkopper) der ikke skader buske og bær.		
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)
3,0 B per ha/år ved 40 % pesticidreduktion	10	30 B per ha

Referencer

- Anonym. 2014. Belysningsanlæg til stalde. Kvæginform 2324, www.landbrugsinfo.dk
- Ascard J, Hatcher PE, Melander B, Upadhyaya MK 2007. 10th Thermal Weed Control. Non-Chemical Weed Management: Principles, Concepts and Technology, (Editors: MK Upadhyaya & R E Blackshaw). CAB International (www.cabi.org), Wallingford (UK), 155-175.
- Baarts L 2014. Maskinudtynding i Elstra- et godt supplement. Frugt og Grønt, maj. 6-7.
- Bertelsen M 2017. Højværdiafgrøder rykker under tag. moMentum nr. 2, juni 2017.
- Bertelsen M, Lindhard Pedersen H 2014. Preliminary results show rain roofs to have remarkable effect on diseases of apples. Ecofruit Proceeding 2014. p. 242-243.
- Blomgren T, Frisch T 2009. High Tunnels Using Low-Cost Technology to Increase Yields, Improve Quality and Extend the Season. Report Produced by Regional Farm and Food Project and Cornell University.
- Bossen, D, M.R. Weisbjerg, L. Munksgaard, S. Hojsgaard. 2009. Allocation of feed based on individual dairy cow live weight changes I: Feed intake and live weight changes during lactation. LIVESTOCK SCIENCE, vol 126, 1-3, p. 252-272
- Bossen, D., M.R. Weisbjerg. 2009. Allocation of feed based on individual dairy cow live weight changes II: Effect on milk production. LIVESTOCK SCIENCE, vol. 126, 1-3. p. 273-285
- Cheng ML, Uva WF 2008. Removing Barriers to Increase High Tunnel Production of Horticultural Commodities in New York. Economic and Marketing Study Final Report.
- Cloutier DC, Van der Weide RY, Peruzzi A & Leblanc M. 2007. 8 Mechanical Weed Management. Non-Chemical Weed Management: Principles, Concepts and Technology, (Editors: M.K. Upadhyaya & R. E. Blackshaw). CAB International (www.cabi.org), Wallingford (UK), 111-134.
- Danmarks Statistik 2017. Statistikbanken.
- Dansk Gartneri 2012. Tal om gartneriet.
<http://www.danskgartneri.dk/Publikationer/~~/media/danskgartneri/Publikationer/Dansk%20Gartneri%20i%20tal/Tal%20om%20gartneriet%202012.ashx>
- Daugaard H 2008. Table-top production of strawberries: performance of six strawberry cultivars. Acta Agricultura Scandinavica 58(3), 261-266.
- Demchak K 2009. Small fruit production in high tunnels. HortTechnology 19(1), 44-49.
- Dieleman JA, Marcelis LFM, Elings A, Dueck TA, Meinen E 2006. Energy Saving in Greenhouses: Optimal Use of Climate Conditions and Crop Management. Acta Hort 718, 203-209.
<http://edepot.wur.nl/32319>, <https://ag.umass.edu/greenhouse-floriculture/fact-sheets/energy-shade-screen-systems-for-greenhouses>

- Dueck T, Janse J, Li T, Kempkes F, Eveleens B 2012. Influence of diffuse glass on the growth and production of tomato. *Acta Hort.* (ISHS) 956, 75-82.
- Evans RG, Sadler EJ 2008. Methods and technologies to improve efficiency of water use. *Water Resources Research* 44, 1-15.
- Garcia ME, Dickey DA, Frey SD, Johnson DT 2016. Increasing economic and environmental sustainability of table grapes using high tunnel advanced production. *Acta Hort.* 1115, 29-31.
- Giuffrida F, Leonardi C 2012. Nutrient solution concentration on pepper grown in a soilless closed system: yield, fruit quality, water and nutrient efficiency. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science.* 62, 1-6.
- Hansen, M.N. 2014. Overdækning af gylle. Redegørelse, opdatering og vurdering af videnskabelig dokumentation. Rapport udarbejdet af AgroTech A/S.
http://mst.dk/media/mst/9069931/2014_02_21_overd_kning_rapport_revideret_j_vnf_r_melt_og_mst.pdf
- Hansen, M.N., S. G. Sommer, N. J. Hutchings & P. Sørensen. 2008. Emissionsfaktorer til beregning af ammoniakfordampning ved lagring og udbringning af husdyrgødning., Aarhus Universitet, DJF rapport Husdyrbrug Nr. 84, 43 pp.
- Hehnen, D., Hanrahan, I., Lewis, K., McFerson, J. and Blanke M. 2011. Mechanical flower thinning improves fruit quality of apples and promotes. *Scientia Horticulturae* 134 (2012) 241–244.
- Hemming S, Baeza E, Mohammadkhani V, van Breugel B 2017. Energy saving screen materials - Measurement method of radiation exchange, air permeability and humidity transport and a calculation method for energy saving. Wageningen Report GTB-1431, 92 pp. <http://edepot.wur.nl/409298>
- Hohenstein JA 2014. Diffuse light for better plants. *Grower Talks* 78(8).
<http://www.ballpublishing.com/GrowerTalks/ViewArticle.aspx?articleid=20729>
- Jensen P K, Lund I 2006. Static and dynamic distribution of spray from single nozzles and the influence on biological efficacy of band applications of herbicides. *Crop Protection* 25, 1201-1209.
- JKI 2018. Pflanzenschutzmitteleinsparung. Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz. Julius Kühn-Institut. <https://www.julius-kuehn.de/at/ab/abdrift-und-risikominderung/pflanzenschutzmitteleinsparung/>
- Jørgensen, K. 2014. Håndbog til driftsplanlægning. Landbrugsforlaget.
- Kai, P., P. Pedersen, J.E. Jensen, M.N. Hansen & S.G. Sommer. 2008. A whole-farm assessment of the efficacy of slurry acidification in reducing ammonia emissions. *European Journal of Agronomy*, 28, 148–154.

- Karabelas A, Plakas K 2011. Membrane treatment of potable water for pesticides removal.
<https://www.slideshare.net/kplakas/membrane-treatment-of-potable-water-for-pesticides-removal>
- Kvistgaard, J.D. 2018. Økonomiske muligheder i fasefodring.
<https://www.landbrugsinfo.dk/Kvaeg/Koedproduktion/Slagtekalve/Sider/Faktaark-18-Oekonomisk-fasefodring.pdf>
- Landbrugets byggeblade nr. 103.05-05, 2004. Ringkanalanlæg i kvægstalde – anlægs- og driftsvejledning, 6 pp.
- Level 2017. Comfort, health, efficiency and environmental issues all influence decisions about the right energy source to use for space heating. Branz. (<http://www.level.org.nz/energy/space-heating/space-heating-energy-sources/>)
- Lindgaard Jensen, M. 2017. Miljøteknologi 2016. Frekvensstyret vakuumpumpe til malkeanlæg. Notat. SEGES, 2 pp.
- Lindhard H 2012. Mekanik mod ukrudt. *Frugt & Grønt*, 232-233.
- Lindhard H 2015. Økoæbler dyppes i varmtvand i Østrig. *Gartner Tidende* 12, 20-21.
- Lindhard Pedersen H, Linddal Pedersen K and Paaske K 2005. Evaluating the use of RIMpro and Metos weather stations for control of apple scab (*Venturia inaequalis*) in Denmark 2002-2005. Poster til 7th International IOBC/WPRS Workshop on Orchard Diseases. Italy Aug-sep. 2005.
- Lindhard Pedersen H, Pedersen B 2004. Soil treatments and rootstocks for organic apple production. ECO-FRU-VIT. 11th International Conference on Cultivation technique and Phytopathological problems in Organic Fruit-Growing. 137-143.
- Lindhard Pedersen H, Vittrup Christensen J 1992. Ukrudtsbekæmpelse i æble uden brug af herbi-cider. *Tidsskrift for planteavl* 96, 473-477.
- Martínez-Blanco J, Muñoz P, Antón A, Rieradevall J 2011. Assessment of tomato Mediterranean production in open-field and standard multi-tunnel greenhouse, with compost or mineral fertilizers, from an agricultural and environmental standpoint. *Journal of Cleaner Production* 19, 985-997.
- Maxin P, Weber RWS, Lindhard Pedersen H, Williams M 2012a. Hot-Water Dipping of Apples to Control *Penicillium expansum*, *Neonectria galligena* and *Botrytis cinerea*: Effects of Temperature on Spore Germination and Fruit Rots. *Europ.J.Hort.Sci.*, 77 (1). S. 1–9, 2012.
- Maxin P, Weber RWS, Lindhard Pedersen H, Williams M 2012b. Control of a wide range of storage rots in naturally infected apples by hot water dipping and rinsing. *Postharvest Biology and Technology* 70, 25-31.
- Melander B, Lattanzi B, Pannacci E 2015. Intelligent versus non-intelligent mechanical intra-row weed control in transplanted onion and cabbage. *Crop Protection* 72, 1-8.

- Miljøstyrelsen 2010. Fast overdækning af gyllebeholdere. Teknologiblad. Miljøstyrelsen. 1. udgave, 11.11.2010.
- Miljøstyrelsen. 2011. Svovlsyre behandling af gylle (malkekvæg). 3. udgave, 15.03.2011. Teknologiblad. Miljøstyrelsen. 9 pp.
- Miljøstyrelsen 2017. Håndtering af pesticidholdigt spildevand fra væksthusegartnerier. En teknisk, miljømæssig og økonomisk vurdering af forskellige rensningsmetoder. Rapport udarbejdet af COWI, December 2017, 76 sider.
- Nielsen SF 2015. Markant energibesparelse på Gyldensteen. Gartner Tidense 131(11), 38-39.
- Odense Kommune 2017. Afrapportering af projekt om væksthusegartneriers miljøforhold. August 2017, 41 sider, Odense Kommune.
- Ottosen AR, Furgal KM 2017. Pesticiders skæbne i biologiske rensningsanlæg. Litteraturundersøgelse. Miljøstyrelsen, 40 sider.
- Ouzounis T, Giday H, Kjaer KH, Ottosen CO 2018. LED or HPS in ornamentals? A case study in roses and campanulas. J. European Hort. Sci. 83(3), 166-172.
- Pedersen HL, Andersen L, Jørgensen PE, Sørensen L 2011. Luksusbær til frisk konsum. Frugt & Grønt 2, 60-61.
- Pergher G, Gubiani R, Cividino SRS, Dell'Antonia D, Lagaziob C 2013. Assessment of spray deposition and recycling rate in the vineyard from a new type of air-assisted tunnel sprayer. Crop Protection 45, 6-14.
- Poulsen, H.D. 2017. Normtal for husdyrgødning - 2017. Aarhus Universitet. <http://anis.au.dk/normtal/>
- Poulsen, H.D., C.F. Børsting, H.B. Rom og S.G. Sommer. 2001. Kvælstof, fosfor og kalium i husdyrgødning – normtal 2000. DJF rapport nr. 36, Husdyrbrug. Danmarks JordbrugsForskning, Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri. 151 pp.
- Purvis P, Chong C, Lumis GP 2000. Recirculation of nutrients in container nursery production. Can J Plant Sci 80, 39-45.
- Rasmussen CM, Orzolek MD 2009. Penn State High Tunnel Plastic Study 2007-08. Report from PennState University.
- Rasmussen, S.G. 2013. Måling af energibesparelse ved anvendelse af LED-belysning i slagtekyllingestalde. Testrapport udarbejdet af AgroTech A/S
- Reid J 2008. Comparisons of Temperatures under Clear Polyethylene and Infrared Blocking Coverings for High Tunnels. Report Cornell University.

Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving 2018.

<https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/emissiebeheer/agrarisch/glastuinbouw/rendement/@43286/bzg-lijst/>

Sanchez-Del Castillo F, Moreno-Perez ED, Pineda-Pineda J, Osuna JM, Rodriguez-Perez JE, Osuna-Encino T 2014. Hydroponic tomato (*Solanum lycopersicum* L.) production with and without recirculation of nutrient solution. *Agrociencia* 48(2), 185-197.

Schmidt, G., K. Mortensen og K. Poulsen. 2017. Energirigtig projektering. Kvæg og svin. SEGES. 17 pp.

Särkkä LE, Jokinen K, Ottosen CO, Kaukoranta T 2017. Effects of HPS and LED lighting on cucumber leaf photosynthesis, light quality penetration and temperature in the canopy, plant morphology and yield. *Agricultural and Food Science* 26, 102–110, <https://doi.org/10.23986/afsci.60293>.

Tillett ND, Hague T, Grundy AC, Dedousis AP 2008. Mechanical within-row weed control for transplanted crops using computer vision. *Biosystems Engineering* 99, 171-178.

van Ruijven JPM, van Os EA, van der Staaij M, Beerling EAM 2014. Evaluation of Technologies for Purification of Greenhouse Horticultural Discharge Water. *Acta hort.* 1034, 133-140.

Wien HC, Reid JC, Rasmussen C, Orzolek MD 2008. Use of Low Tunnels to Improve Plant Growth in High Tunnels. Report from PennState University.

Wiltshire JJJ, Tillett ND, Hague T 2003. Agronomic evaluation of precise mechanical hoeing and chemical weed control in sugar beets. *Weed Research* 43, 236-244.

Wooten M 2015. Blueberry research focuses on gentler methods of harvesting tiny fruit. UGA Today. <http://news.uga.edu/releases/article/blueberry-research-gentler-methods-of-harvesting-tiny-fruit-0415/>; http://www.scharfenberger.de/files/scharfenberger_01/pdf/BRAUD_9000L_engl.pdf

Xiao CL, Chandler CK, Price JF, Duval JR, Mertely JC, Legard DE 2001. Comparison of epidemics of Botrytis fruit rot and powdery mildew of strawberry in large plastic tunnel and field production systems. *Plant Disease* 85(8), 901-909.

Zhao S, Ma C, Liu C, Sun G 2011. Computing method for thermal transmittance and saving ratio of heat loss in multi-layer covering of greenhouse. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering* 27(7), 264-269. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1002-6819.2011.07.046>

Ørum JE, Holtze MS 2017. Bekæmpelsesmiddelstatistik 2015. Behandlingshyppighed og pesticidbelastning, baseret på salgsstatistik og sprøjtejournaldata. ISBN: 978-87-93529-63-2. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 17., 85 pp.

Ørum JE, Kudsk P, Jørgensen LN, Paaske K 2016. Behandlingshyppighed og pesticidbelastning for solgte pesticider 2007-2015. Miljøstyrelsen.